

POSTMORTALE VERÄNDERUNGEN AN FETALEN KNOCHEN
NACH TROCKNUNG UND VERBRENNUNG

von

ILSE KÖHLER

Mainz 1963

Aus dem Institut für Gerichtsmedizin
an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz
(Direktor: Prof. Dr. med. et phil. K. Wagner)

POSTMORTALE VERÄNDERUNGEN AN FETALEN KNOCHEN
NACH TROCKNUNG UND VERBRENNUNG

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

ILSE KÖHLER

aus Oberbieber/Neuwied

MAINZ 1963

Dekan: Prof. Dr.Dr. K. Wagner
Referent: Prof. Dr.Dr. K. Wagner
Tag der mündl. Prüfung: 11. November 1963



Gesamtherstellung:

DITTERS BÜRODIENST, MAINZ, Augustinerstr. 64-66

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

I. Einleitung	1
A. Literaturübersicht	1
B. Fragestellung	3
II. Hauptteil	
A. Material und Untersuchungsgang	4
B. Versuchsergebnisse	5
a. Besprechung der Artefacte	5
1. Verbiegungen	5
2. Fissuren und Aufsplitterungen	6
b. Längen- und Gewichtsabnahme	6
1. Längenverhältnisse	6
2. Gewichtsverhältnisse	8
3. Beziehungen zwischen Längen- und Gewichtsabnahme.	9
4. Beziehungen zum Alter	10
5. Beziehungen zu frischen Knochen	11
C. Bedeutung für die gerichtsmedizinische Praxis	14
III. Zusammenfassung	17
Literaturverzeichnis	18



Digitized by the Internet Archive
in 2026

I. EINLEITUNG

A. Literaturübersicht

Menschliche Knochen erfahren durch Hitzeeinwirkung und Verbrennungen auffallende Veränderungen. Diese Tatsache, die besonders während des Krieges an Verschlütteten in Luftschutzkellern immer wieder beobachtet werden konnte, hat schon verschiedentlich Anlaß zu Untersuchungen gegeben. Es ist allgemein bekannt, daß durch Verbrennungen Gestaltsänderungen in Form von mehr oder weniger starken Verbiegungen auftreten können. Hinzu kommen möglicherweise Fissuren und Knochenbrüche, Abblätterungen der Rindensubstanz oder sogar vollständige Kontinuitätstrennungen an Schädel- und Röhrenknochen (7). Sie werden durch die Wasserkondensation verursacht, die bei Verbrennung der organischen Substanz erfolgt (3).

Unterschiedlich wird die Frage beantwortet, ob Knochen durch Hitze und Verbrennung schrumpfen können. Während SEIN (11) auf Grund seiner Leichenuntersuchungen nach Einäscherung sogar einen Schrumpfkoeffizienten für die Röhrenknochen von Erwachsenen errechnet, hält PROKOP (9) ebenso wie PONSOLD (8) die Schrumpfung bei Erwachsenenknöcheln für unbedeutend und den Koeffizienten damit für äußerst fragwürdig. MÜLLER (5) wiederum gibt eine Verkürzung von durchschnittlich $1/10$ der Ausgangslänge des frischen Knochens sowohl für Erwachsene wie für Feten an. Über das Ausmaß der Variationen werden keine näheren Angaben gemacht.

Bleibt die Frage nach der Schrumpfung von Erwachsenenknöcheln umstritten, so wird eine beträchtliche Verkürzung für die Knochen von Neugeborenen, Frühgeburten und Feten allgemein anerkannt. Umfangreichere Untersuchungen hierzu wurden von MÜLLER (5) und A. BUNSEN (2) vorgenommen. Da auch dieser Arbeit Material aus der Fetalperiode zugrunde liegt, soll nur auf die Ergebnisse dieser beiden Autoren näher eingegangen werden. Beide bearbeiteten Material aus dem 8.-10. Schwangerschaftsmonat und von Neugeborenen.

MÜLLER (5) führte die Calcinationen über offener Flamme aus; dabei verbrannte er jeweils nur die Knochen einer Körperhälfte und verglich sie mit den entsprechenden der Gegenseite. Um einen größeren Fehler mit dieser Methode auszuschließen, hatte er vorher bei einigen Feten die homologen Knochen gemessen und ihre Werte miteinander verglichen. Er fand, daß die Differenzen zwischen rechts und links in der Größenordnung einiger 10 tel Mil-

limeter liegen (vgl. S.4). Indessen ist es wahrscheinlich, daß durch diese Differenzen manche extreme Verkürzungen bedingt sind, die nach der Verbrennung auftraten.

Neben der oben bereits erwähnten Längenabnahme der Röhrenknochen um $1/10$ der Ausgangslänge gibt MULLER (5) einen Gewichtsverlust von $5/12$ - in seltenen Fällen $1/2$ - des Frischgewichtes an. Nach seinen Beobachtungen werden diese Werte bereits erreicht, wenn die Knochen verkohlt sind. MULLER (5) gibt zwar an, daß die angeführten Werte variabel seien, erwähnt aber keine Beziehung zum Entwicklungszustand des Feten. BUNSEN (2) hingegen hat sich in seiner Arbeit mit der Frage der Altersabhängigkeit der Größenverluste beschäftigt. Er kommt zu dem Ergebnis, daß der Grad der Verkürzung von der Größe und dem Entwicklungszustand des Feten unabhängig sei und auch in keinem Zusammenhang mit dem Alter der Frucht stehe. Von SCHRADER (10) wird hingegen unter Berücksichtigung der Arbeit von BUNSEN (2) darauf hingewiesen, daß bei allen reifen und überreifen Feten eine starke Verkürzung der Knochen nur nach weitgehender Calcinierung auftrete. Man könnte daraus schließen, daß für den Grad der Schrumpfung der Reifegrad eine gewisse Bedeutung besitzt.

BUNSEN (2) wählte für seine Untersuchungen im wesentlichen die gleichen Versuchsbedingungen wie MULLER (5). Er verbrannte hierbei die Knochen einer Körperhälfte im Ofen und verglich anschließend ihre Länge mit den Maßen der macerierten Knochen der anderen Seite. Die Größendifferenzen liegen bei BUNSEN (2) zwischen 0,1 und 0,45 cm = 2-8% und sind somit deutlich geringer als bei MULLER (5). Der Unterschied ist wahrscheinlich in der Methode begründet und dann erklärbar, wenn man berücksichtigt, daß von BUNSEN (2) nur eine Verkohlung, aber keine vollständige Calcination angestrebt wurde und daß deshalb der Grad der Verbrennung unterschiedlich war. Auf die sich hier andeutenden Fehlerquellen einer Beurteilung und die bestehenden Beziehungen soll später ebenso wie auf die Tatsache, daß BUNSEN (2) speziell bei der Clavicula Verkürzungen von 9-11% ermittelte, noch eigens eingegangen werden.

G. OLIVIER und H. PINEAU (6) beschäftigten sich in letzter Zeit (1960) mit der naheliegenden Frage, ob schon allein bei einem Trocknen der Knochen, d.h. durch Wasserverlust, eine meßbare Längenabnahme eintritt. Sie untersuchten dazu 36 fetale Röhrenknochen. Nach 18 stündiger Lagerung an der Luft beobachteten sie eine durchschnittliche Schrumpfung der Länge um 2%. Neben individuellen Schwankungen fielen zwar Unterschiede in der Austrock-

nungsgeschwindigkeit auf, indem spongiosareiche Knochen, wie Femur und Humerus, weniger rasch trockneten als platte Knochen; von einer unterschiedlichen Längenabnahme wird hingegen nichts erwähnt.

B. Fragestellung

Faßt man die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen bezüglich der Frage der Längenveränderungen fetaler Knochen durch Verbrennung und Trocknung zusammen, so kann an der Tatsache gewisser Veränderungen nicht gezweifelt werden. Es bleiben aber noch eine Reihe von Fragestellungen offen, die für die gerichtsärztliche Beurteilung von Knochenfunden in einzelnen Fällen Bedeutung erlangen können. Die in dieser Beziehung angestellten Untersuchungen sollen nur zu einer Auswahl der vielfältigen Probleme einen Beitrag liefern, die in folgenden Hauptpunkten zusammengefaßt sind.

1) Aus den unterschiedlichen Ergebnissen von BUNSEN (2) und MULLER (5) wurde eine Beziehung zwischen dem Grad der Verbrennung, dem Gewichtsverlust und der Längenreduktion angenommen. Es ist zu prüfen, ob diese Annahme zutrifft und inwieweit eine gesetzmäßige, zumindest in gewissen Grenzen regelmäßige Abhängigkeit vorliegt.

2) Aus den Beobachtungen von OLIVIER und PINEAU (6) über eine unterschiedliche Trocknungszeit der einzelnen Knochentypen erhebt sich die Frage, ob diese Tatsache sich aus dem Wassergehalt und der verschiedenen Struktur erklärt und sich auch in dem Grad der Längen und Gewichtsabnahme bemerkbar macht.

3) BUNSEN (2) und MULLER (5) fanden bei ihrem Untersuchungsmaterial zwar keine Altersabhängigkeit für den Längen- und Gewichtsverlust der Knochen; da ihre Ergebnisse aber nur von Feten aus dem letzten Trimenon stammen, ist zu prüfen, ob diese Aussage ohne weiteres auch auf jüngere Entwicklungsstufen übertragen werden kann.

4) Von der Tatsache ausgehend, daß fetale Knochen durch Trocknung und Verbrennung einen Gewichtsverlust erfahren, soll untersucht werden, ob diese so groß sind, daß Maße und Gewichte erreicht werden, die den Daten frischer Knochen aus jüngeren Entwicklungsstufen entsprechen.

5) Da eine Altersbestimmung von Feten für die Gerichtsmedizin von praktischer Bedeutung ist, bleibt die Frage zu klären, ob eine solche an Hand einzelner getrockneter oder verbrannter Knochen möglich ist.

II. HAUPTTEIL

A. Material und Untersuchungsgang

Das Versuchsmaterial umfaßt 52 Feten zwischen 16 und 51 cm Gesamtkörperlänge, also Fälle vom Ende des 4., aus dem 5.-10. Schwangerschaftsmonat einschließlich eines reifen Neugeborenen (schematische Einteilung nach HAASE (4)). Wie bereits erwähnt, haben frühere Untersucher verbrannte Knochen der einen Seite mit den frischen der anderen Seite verglichen. Doch erscheint in einem solchen Vorgehen deshalb ein Fehler, da - wie BOSE (1) zeigen konnte - hin und wieder größere Differenzen zwischen den homologen Knochen beider Körperhälften, vorkommen als MULLER (5) angegeben hat. Es wurde deshalb ein anderer Versuchsgang gewählt. Nach Freipräparation wurde jeder einzelne Knochen zuerst getrocknet, dann verkohlt und schließlich calciniert und die Ergebnisse aus diesen verschiedenen Stadium zu den Frischwerten desselben Knochens in Beziehung gebracht.

Die Untersuchungen wurden nur an den Diaphysen der langen Röhrenknochen, d.h. nach Entfernung von Knorpel und Periost, ausgeführt. Darüber hinaus standen 12 Claviculae von Feten aus dem 8.-10. Monat und von einem Neugeborenen zur Verfügung.

Der erste Versuchsgang hatte eine vollständige Austrocknung des Materials zum Ziel. Die Knochen wurden deshalb im Trockenschrank so lange bei 120°C gehalten, bis sich das Gewicht nicht mehr verringerte. Je nach Größe waren dazu 1-3 Stunden nötig. Nachdem Gewicht und Länge festgestellt waren, wurde das Material über der offenen Gasflamme verkohlt und wiederum gemessen und gewogen. Im letzten Arbeitsgang wurden die Knochen im elektrischen Ofen bei 1000°C so weit ausgeglüht, bis sämtliche organische Substanz zerstört war, was durchschnittlich $3/4$ - 1 Stunde dauerte. Ein Teil der äußerst brüchigen, nunmehr calcinierten Knochen wurde nach dem Wiegen mit 4%igem Celloidin fixiert, um ein Zerschlagen beim Messen zu vermeiden, während ein anderer Teil - um sicher zu gehen, daß bei der angegebenen Behandlung keine organische Substanz zurückgeblieben war - nach dem Wiegen und Messen mit konzentrierter Schwefelsäure versetzt wurde. Hierbei löste sich die Substanz restlos auf, woraus mit Sicherheit auf eine vollständige Calcination geschlossen werden konnte. - Von allen Knochen wurden Lichtbilder in getrocknetem, verkohltem und calciniertem Zustand angefertigt (Abb. 2-5).

Alle Längenmessungen wurden mit Hilfe einer Meßrinne (Abb. 1) und einer Schublehre ausgeführt.

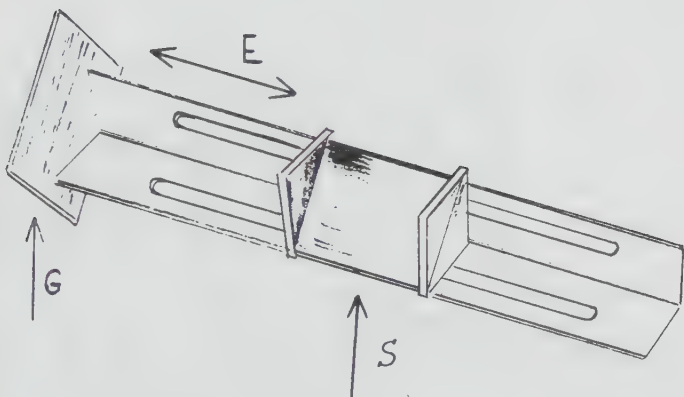


Abb. 1 : Meßrinne aus Nickelstahl

S = Stempel

G = Gegenlager

E = Einlegestelle für Knochen

H U M E R U S

Größe Monat d.Feten		Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
Neu- geb.	51cm	73,43	71,45	71,10	66,53	4,552	2,672	1,848	1,694
		71,98	71,00	70,35	65,05	4,613	2,703	1,859	1,711
=====									
X.	50cm	59,28	58,08	58,03	55,75	2,880	1,761	1,238	1,141
		60,35	58,88	58,88	54,80	2,956	1,781	1,246	1,133
	48cm	63,08	62,28	61,85	56,73	3,060	1,604	1,084	1,011
		62,85	61,65	61,55	56,83	3,336	1,908	1,362	1,221
	47cm	62,60	61,53	61,43	57,03	3,430	1,905	1,348	1,228
		60,90	60,08	59,85	55,70	2,892	1,548	1,027	0,962
	46cm	67,50	66,50	65,85	59,25	3,500	2,064	1,407	1,282
		66,10	65,23	63,35	60,20	3,451	2,077	1,416	1,268
	45cm	61,27	59,42	58,55	53,58	2,152	1,068	0,653	0,623
		60,17	59,47	58,85	56,73	2,007	1,030	0,632	0,605
	44cm	58,65	57,80	57,15	53,70	1,941	1,180	0,821	0,759
		58,05	56,98	56,55	52,40	1,976	1,185	0,840	0,763
=====									
IX.	45cm	59,30	58,20	57,48	53,83	2,805	1,568	1,049	0,993
		59,18	58,45	57,90	53,03	2,811	1,562	1,074	0,998
	42cm	55,90	55,10	54,10	50,08	1,933	1,090	0,744	0,701
		55,75	55,00	54,10	50,30	2,004	1,080	0,740	0,693
	41cm	52,25	51,15	50,78	48,25	1,708	0,938	0,649	0,598
=====									
VIII.	40cm	49,28	48,27	47,50	45,30	1,186	0,801	0,523	0,497
		49,03	48,75	47,50	43,48	1,300	0,807	0,534	0,501
	39cm	47,90	46,65	46,55	43,88	1,295	0,768	0,552	0,490
		47,70	46,45	46,30	43,18	1,280	0,765	0,544	0,487
=====									
VII.	35cm	44,55	43,45	43,00	40,33	1,088	0,518	0,365	0,338
		44,45	43,35	43,03	40,20	1,021	0,521	0,376	0,340
	34cm	44,08	42,95	42,35	40,23	0,878	0,565	0,400	0,375
		43,78	42,45	42,28	40,10	0,885	0,558	0,397	0,372
	32cm	44,58	43,70	42,85	39,53	0,947	0,509	0,331	0,311
		44,30	43,50	43,03	40,05	0,932	0,501	0,326	0,308
31cm	31,88	31,43	30,50	29,18	0,406	0,197	0,116	0,107	
	31,43	30,75	30,00	29,30	0,408	0,197	0,116	0,107	
=====									
VI.	30cm	36,50	35,45	35,00	33,68	0,550	0,331	0,208	0,183
		36,45	35,40	34,50	33,85	0,542	0,340	0,207	0,187
	29cm	35,40	34,45	33,70	32,95	0,533	0,260	0,158	0,143
		34,85	34,08	33,50	32,60	0,562	0,266	0,160	0,146
	28cm	34,68	32,90	32,30	31,85	0,430	0,210	0,122	0,112
		33,95	33,15	32,10	31,35	0,487	0,224	0,116	0,105
	27cm	35,20	34,30	33,75	32,38	0,495	0,268	0,161	0,141
		35,00	33,90	33,38	32,13	0,492	0,258	0,153	0,134
	26cm	31,00	29,45	28,63	27,75	0,320	0,183	0,103	0,093
		30,65	29,30	28,40	27,78	0,309	0,178	0,103	0,093
	25cm	29,80	28,90	27,95	27,00	0,327	0,170	0,097	0,089
		29,78	29,03	27,85	26,90	0,325	0,165	0,096	0,086
24cm	35,00	33,58	32,93	31,75	0,481	0,229	0,143	0,120	
	34,43	32,95	32,45	31,20	0,467	0,229	0,137	0,119	
=====									

Monat	Größe d.Feten	Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
V.	25cm	27,33	25,80	24,88	23,95	0,245	0,124	0,070	0,062
		27,13	25,95	24,50	23,85	0,232	0,115	0,065	0,061
		26,98	26,45	24,80	23,65	0,238	0,115	0,065	0,060
		26,90	26,35	25,00	23,65	0,225	0,117	0,064	0,057
		26,15	25,30	24,28	22,43	0,227	0,111	0,064	0,057
		25,95	25,08	24,25	23,50	0,217	0,106	0,059	0,050
		25,65	24,65	22,78	20,68	0,208	0,085	0,044	0,040
		25,48	24,30	22,90	21,30	0,193	0,094	0,048	0,042
	24cm	29,05	27,55	26,60	25,50	0,268	0,108	0,057	0,049
		28,80	27,48	26,50	25,23	0,272	0,113	0,059	0,053
		26,23	24,68	23,50	22,55	0,232	0,102	0,059	0,051
		26,03	25,08	23,75	22,85	0,229	0,100	0,061	0,051
	22cm	28,93	27,80	26,65	24,78	0,242	0,121	0,068	0,054
		28,43	27,75	26,13	24,60	0,222	0,112	0,060	0,059
		27,40	26,58	25,80	24,73	0,260	0,142	0,087	0,081
		27,35	26,50	25,80	24,83	0,271	0,147	0,091	0,084
	21cm	28,38	26,95	26,18	25,10	0,252	0,134	0,072	0,067
		27,38	26,05	25,25	24,30	0,229	0,122	0,064	0,060
		26,18	25,10	24,30	23,65	0,234	0,117	0,070	0,063
		26,18	25,13	24,53	23,93	0,224	0,116	0,070	0,065
	20cm	22,45	21,80	20,90	20,30	0,145	0,087	0,055	0,050
		22,40	21,80	21,20	20,63	0,163	0,095	0,061	0,054
	19,5cm	21,80	20,28	19,30	18,53	0,128	0,057	0,032	0,029
		21,43	20,15	19,30	18,50	0,130	0,059	0,033	0,030
	19cm	24,73	23,15	22,13	21,23	0,139	0,070	0,039	0,035
		24,55	22,85	21,95	20,95	0,153	0,073	0,040	0,034
		23,83	23,10	22,30	21,00	0,109	0,068	0,039	0,038
		23,28	22,60	21,25	20,15	0,112	0,066	0,043	0,036
	18,5cm	22,70	22,00	21,30	20,80	0,151	0,078	0,048	0,045
		22,40	21,60	21,05	20,45	0,138	0,075	0,046	0,045
		21,20	19,85	18,95	18,10	0,100	0,048	0,026	0,025
		20,83	19,55	19,00	17,95	0,105	0,051	0,027	0,026
	18cm	21,05	18,90	17,33	16,45	0,102	0,043	0,021	0,018
		20,75	19,13	18,30	17,33	0,116	0,049	0,025	0,022
	17cm	22,13	21,03	20,50	19,45	0,114	0,068	0,042	0,038
		21,90	20,98	20,40	19,40	0,118	0,068	0,043	0,038
		21,50	20,78	19,73	18,90	0,111	0,053	0,026	0,024
		21,05	20,48	19,25	18,35	0,107	0,050	0,025	0,022
IV.	16cm	19,00	17,18	15,30	14,75	0,083	0,028	0,012	0,011
		20,90	18,30	17,25	16,25	0,078	0,042	0,020	0,016
		20,50	18,20	17,10	16,10	0,074	0,036	0,018	0,015
		20,25	18,65	16,20	15,50	0,072	0,035	0,015	0,014
		20,18	18,78	17,13	16,43	0,070	0,034	0,016	0,014
		20,10	18,75	17,10	15,98	0,085	0,037	0,016	0,015
		20,00	19,00	17,48	16,50	0,079	0,037	0,017	0,016
		18,95	17,70	16,80	15,90	0,059	0,028	0,015	0,014
		18,80	17,65	16,85	15,33	0,060	0,028	0,014	0,013
	16cm	18,98	17,50	15,80	15,30	0,051	0,028	0,016	0,012
		18,60	17,50	15,98	15,33	0,064	0,031	0,017	0,012
		18,25	16,20	14,45	13,48	0,040	0,019	0,007	0,007
		18,08	16,55	15,23	14,65	0,041	0,020	0,008	0,008
		17,43	15,40	14,00	13,20	0,037	0,016	0,007	0,006
		16,73	15,10	13,68	12,95	0,035	0,016	0,006	0,005

Tab. 1. Humerus.

		Länge in mm				Gewicht in g				
Größe										
Monat	d.Feten	frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.	
V.	25cm	22,83	21,78	19,83	19,20	0,070	0,035	0,017	0,015 (+)	
		22,73	21,13	19,70	18,53	0,058	0,033	0,017	0,015 (+)	
		22,23	20,95	18,55	17,05	0,042	0,025	0,013	0,010 (+)	
		21,98	21,28	18,70	17,95	0,043	0,027	0,013	0,011 (+)	
		22,98	21,30	19,75	18,83	0,058	0,027	0,013	0,010 (+)	
	24cm	21,98	20,73	19,08	17,90	0,048	0,025	0,013	0,011 (+)	
		21,98	20,90	18,05	17,10	0,036	0,022	0,010	0,009 (+)	
		20,90	20,33	17,45	16,83	0,042	0,022	0,010	0,009 (+)	
		24,38	22,65	19,75	18,38	0,051	0,026	0,014	0,012	
		23,60	22,53	20,05	18,05	0,054	0,028	0,012	0,010	
	22cm	21,73	19,93	18,20	17,63	0,058	0,025	0,012	0,010	
		21,35	19,85	17,28	17,25	0,052	0,023	0,012	0,009	
		23,68	22,43	20,30	19,35	0,047	0,026	0,014	0,011	
		23,43	22,25	20,43	19,35	0,045	0,026	0,012	0,011	
		22,95	22,15	21,30	20,60	0,075	0,044	0,026	0,025	
	21cm	22,35	21,70	20,95	19,95	0,068	0,042	0,024	0,023	
		23,15	21,68	19,25	18,58	0,044	0,028	0,013	0,012	
		22,45	20,90	19,40	18,60	0,046	0,028	0,013	0,013	
		21,00	20,63	19,85	18,95	0,056	0,032	0,019	0,018	
		20cm	18,75	17,75	16,85	16,43	0,038	0,026	0,016	0,015
	19,5cm	17,90	17,30	16,25	15,70	0,035	0,023	0,014	0,013	
		20,88	18,80	15,98	15,08	0,031	0,016	0,007	0,006 (+)	
		20,45	18,63	16,50	15,98	0,027	0,018	0,008	0,007	
		19cm	20,85	19,78	18,20	17,08	0,023	0,019	0,012	0,011
		18,08	17,55	17,18	16,43	0,036	0,021	0,014	0,013	
	18,5cm	17,93	17,50	16,90	16,45	0,036	0,021	0,014	0,013	
		17,45	15,80	14,08	13,25	0,020	0,012	0,006	0,005	
		17,10	15,65	13,58	12,55	0,020	0,011	0,005	0,005 (+)	
		17,20	15,65	13,65	13,15	0,025	0,012	0,006	0,004 (+)	
		18cm	17,83	16,70	16,33	15,63	0,027	0,020	0,012	0,011
	17cm	17,50	16,65	15,98	15,60	0,032	0,022	0,013	0,012	
		16,78	16,45	15,00	14,15	0,020	0,012	0,005	0,005 (+)	
		16,58	16,05	14,10	13,50	0,017	0,012	0,005	0,005	
		15,18	14,05	10,20	9,20	0,014	0,007	0,004	0,003 +	
		16,95	15,30	10,35	8,40	0,017	0,008	0,003	0,003 ++	
		15,30	14,23	11,45	11,35	0,017	0,009	0,003	0,003 +	
		15,85	14,45	11,80	10,90	0,012	0,007	0,003	0,003 +	
=====										
IV.	16cm	15,70	14,63	9,65	8,88	0,013	0,008	0,004	0,002 ++	
		15,45	13,55	11,25	9,60	0,010	0,005	0,003	0,002 ++	
		15,18	13,65	10,18	8,20	0,012	0,006	0,003	0,002 ++	
=====										

Tab. 2. Radius. (+) = leicht verkrümmt
+ = verkrümmt
++ = stark verkrümmt

R A D I U S

Größe		Länge in mm				Gewicht in g			
Monat	d.Feten	frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
Neu- geb.	51cm	58,25	57,98	56,83	52,93	1,340	0,853	0,593	0,546
		57,53	57,35	56,38	52,33	1,315	0,865	0,593	0,554
	50cm	47,38	46,30	46,25	43,20	0,803	0,528	0,365	0,340
		47,00	45,95	45,85	43,38	0,800	0,525	0,364	0,337
	48cm	53,20	52,30	51,95	48,53	1,014	0,569	0,376	0,353
		52,80	52,20	51,78	48,13	0,996	0,570	0,378	0,355
		50,80	49,80	49,53	46,23	1,078	0,656	0,464	0,420
		50,78	49,73	49,53	45,80	1,016	0,641	0,459	0,410
X.	47cm	54,85	54,28	53,78	48,90	0,989	0,586	0,386	0,358
		54,00	53,33	52,90	48,98	0,966	0,578	0,387	0,355
	46cm	49,00	48,30	47,33	45,85	0,563	0,338	0,205	0,193
		48,87	48,32	47,58	43,50	0,622	0,365	0,223	0,210
		49,18	48,20	47,75	45,08	0,653	0,423	0,293	0,273
		49,05	47,95	47,75	44,33	0,629	0,415	0,298	0,268
	45cm	48,74	48,02	47,30	44,08	0,894	0,500	0,328	0,313
		48,38	47,77	46,95	43,20	0,899	0,498	0,328	0,312
XX.	42cm	45,78	45,00	44,40	40,90	0,602	0,360	0,247	0,230
		45,55	44,93	44,30	40,95	0,602	0,373	0,256	0,238
	41cm	42,75	41,80	41,28	39,23	0,433	0,265	0,184	0,171
		42,65	41,20	40,88	39,00	0,419	0,263	0,182	0,168
	40cm	41,23	40,32	39,15	37,05	0,378	0,277	0,178	0,168
VIII.		40,95	40,00	39,38	37,60	0,361	0,274	0,179	0,169
		38,55	37,55	37,00	34,85	0,270	0,213	0,144	0,135
		38,08	37,20	36,68	34,75	0,260	0,205	0,140	0,130
	35cm	37,23	36,25	35,90	33,73	0,293	0,164	0,119	0,107
		36,43	35,45	34,65	32,90	0,245	0,168	0,117	0,110
VII.		36,38	35,20	34,70	33,15	0,240	0,168	0,117	0,113
	32cm	35,55	35,03	34,50	31,43	0,236	0,165	0,109	0,100
		34,80	34,28	33,85	31,45	0,234	0,162	0,108	0,099
	31cm	25,95	25,20	23,85	23,05	0,111	0,054	0,030	0,029
	30cm	30,35	29,28	28,55	28,03	0,149	0,101	0,061	0,056
		30,00	28,75	28,05	27,23	0,143	0,097	0,056	0,052
		29,80	29,00	28,20	27,50	0,138	0,080	0,049	0,047
		29,28	28,55	27,90	27,05	0,150	0,085	0,051	0,048
	29cm	28,15	27,23	26,55	25,00	0,115	0,068	0,038	0,036
		27,18	26,65	25,85	25,25	0,125	0,073	0,040	0,038
VI.	28cm	29,15	27,48	26,55	25,80	0,128	0,074	0,041	0,039
		28,45	27,30	26,63	25,40	0,118	0,074	0,043	0,039
	27cm	25,80	23,95	22,38	21,50	0,078	0,043	0,022	0,020
		24,93	23,78	21,98	20,90	0,084	0,042	0,021	0,018
		25,23	23,85	22,53	22,00	0,070	0,045	0,023	0,020
		25,20	24,05	22,95	22,18	0,070	0,045	0,023	0,021
	26cm	28,68	27,00	25,68	24,20	0,107	0,056	0,032	0,027
		28,25	26,93	25,83	24,95	0,112	0,060	0,035	0,031

+

(+)

U. L. N. A.

Größe Monat d. Feten	Länge in mm		Gewicht in g	
	frisch	getr.	verk.	calc.
Neu- geb.	66,60	65,90	65,25	60,85
	65,73	65,03	64,35	59,73
51cm	1,970	1,290	0,897	0,829
	1,863	1,265	0,893	0,816
50cm	1,171	0,804	0,568	0,524
	1,198	0,818	0,575	0,532
48cm	1,235	0,742	0,500	0,466
	1,246	0,757	0,509	0,475
X.	58,60	57,38	56,83	53,15
	58,18	56,90	56,68	52,35
47cm	1,356	0,828	0,566	0,533
	1,514	0,965	0,651	0,594
46cm	1,502	0,945	0,643	0,587
	1,673	0,989	0,734	0,621
	1,865	0,987	0,713	0,679
	1,859	0,973	0,705	0,670
45cm	1,110	0,688	0,464	0,436
	1,172	0,712	0,474	0,447
IX.	52,00	51,05	50,25	46,60
	52,00	51,03	50,38	46,50
41cm	0,804	0,512	0,349	0,331
	0,580	0,362	0,252	0,234
40cm	0,482	0,345	0,230	0,211
	0,517	0,346	0,228	0,214
VIII.	44,95	44,00	43,38	41,23
	44,40	43,20	43,00	40,80
	43,85	42,78	42,30	39,20
39cm	0,346	0,241	0,165	0,160
	0,348	0,246	0,172	0,162
VII.	41,53	40,35	39,45	38,00
	41,40	40,35	40,00	37,43
	40,95	40,00	39,60	37,30
32cm	0,354	0,215	0,153	0,142
	0,358	0,194	0,129	0,120
	0,298	0,207	0,138	0,128
31cm	0,134	0,070	0,038	0,037
30cm	0,195	0,132	0,076	0,073
	0,195	0,127	0,075	0,069
	0,207	0,112	0,068	0,061
29cm	0,195	0,107	0,064	0,060
	0,146	0,084	0,048	0,044
28cm	0,150	0,088	0,049	0,044
	0,096	0,053	0,028	0,025
27cm	0,097	0,052	0,027	0,024
26cm	0,154	0,079	0,045	0,041

Gewicht in g

Länge in mm

Größe

Monat d. Feten

frisch

getr.

verk.

calc.

frisch

getr.

verk.

calc.

25cm	25,15	23,43	20,30	20,10	0,059	0,034	0,016	0,015	+
	25,10	23,40	21,15	19,75	0,070	0,036	0,017	0,016	+
	24,53	23,12	21,10	19,75	0,062	0,033	0,017	0,015	(+)
24cm	24,43	22,85	21,55	19,95	0,064	0,032	0,016	0,014	(+)
	23,55	22,68	19,78	18,75	0,065	0,037	0,018	0,016	+
	22,78	22,35	20,75	18,68	0,073	0,032	0,015	0,013	+
	26,15	25,08	20,45	19,10	0,074	0,033	0,015	0,013	+
	23,83	22,05	17,45	16,53	0,062	0,030	0,016	0,013	+
22cm	23,65	21,73	17,85	17,43	0,060	0,037	0,019	0,017	+
	26,78	24,90	22,30	21,50	0,068	0,037	0,019	0,017	(+)
	26,20	24,73	21,85	20,80	0,065	0,035	0,017	0,016	(+)
	24,63	24,05	23,18	22,35	0,083	0,048	0,029	0,028	+
21cm	24,48	23,85	22,60	21,53	0,083	0,047	0,028	0,027	+
	23,13	22,45	21,70	21,03	0,070	0,042	0,025	0,023	+
	23,08	22,40	21,25	20,68	0,069	0,040	0,024	0,022	+
20cm	20,23	19,18	17,83	17,40	0,038	0,026	0,016	0,015	(+)
	20,13	19,30	18,18	17,40	0,043	0,029	0,017	0,016	(+)
19,5cm	22,13	20,35	17,85	16,95	0,038	0,020	0,009	0,008	(+)
	21,20	19,45	17,35	16,40	0,036	0,020	0,009	0,008	(+)
19cm	19,40	18,40	16,17	15,35	0,040	0,019	0,009	0,008	+
	19,60	19,10	18,45	17,68	0,043	0,026	0,017	0,016	+
	19,58	18,90	18,45	18,00	0,044	0,026	0,017	0,016	+
18,5cm	18,93	17,75	15,48	14,68	0,030	0,016	0,008	0,007	(+)
18cm	18,90	17,75	14,45	13,75	0,035	0,015	0,007	0,005	+
	19,65	18,63	17,83	17,23	0,038	0,025	0,015	0,014	+
	19,28	17,60	17,40	16,38	0,031	0,022	0,014	0,012	+
	18,25	17,65	16,08	14,95	0,020	0,014	0,007	0,006	+
17cm	17,93	17,40	15,60	14,88	0,025	0,014	0,007	0,006	+
	17,50	15,53	11,00	10,30	0,019	0,009	0,004	0,004	++
	18,25	16,75	14,45	8,00	0,021	0,011	0,004	0,003	++
	16,83	15,95	14,95	13,60	0,027	0,012	0,005	0,004	++
16cm	18,40	16,73	8,30	6,65	0,020	0,012	0,005	0,003	++
IV.	15,50	13,98	10,38	9,50	0,013	0,006	0,003	0,002	++
	15,00	13,68	9,80	8,60	0,013	0,007	0,003	0,002	++

Tab. 3. Ulna. Erläuterungen s. Tab. 2.

Monat	Größe d.Feten	Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
V.	25cm	27,40	26,28	25,00	24,33	0,358	0,171	0,098	0,089
		26,98	25,65	24,55	23,08	0,351	0,169	0,098	0,089
		26,53	26,45	24,30	22,65	0,292	0,138	0,078	0,067
		26,18	25,75	24,70	23,65	0,300	0,138	0,075	0,069
		26,40	25,10	23,63	22,70	0,307	0,144	0,081	0,074
		25,95	25,05	24,05	23,20	0,303	0,146	0,083	0,076
		25,93	25,65	24,13	23,00	0,278	0,133	0,072	0,065
		25,60	25,25	23,55	22,00	0,287	0,138	0,072	0,066
	24cm	30,23	28,95	27,88	26,65	0,436	0,174	0,097	0,082
		29,90	28,38	27,60	26,35	0,409	0,170	0,091	0,081
		26,93	25,45	24,48	23,55	0,311	0,136	0,080	0,069
		26,23	25,55	24,23	23,23	0,320	0,139	0,080	0,072
	22cm	29,80	29,00	27,80	26,55	0,387	0,179	0,096	0,088
		29,20	29,00	27,55	26,00	0,393	0,182	0,100	0,090
		27,48	26,60	25,73	24,70	0,351	0,178	0,107	0,101
		27,28	26,50	25,55	24,58	0,351	0,179	0,106	0,101
	21cm	28,83	27,70	26,78	25,48	0,336	0,171	0,090	0,085
		28,70	27,73	26,18	25,38	0,326	0,165	0,090	0,082
		26,15	25,10	24,20	23,68	0,302	0,142	0,084	0,078
		25,50	24,35	23,48	22,85	0,288	0,142	0,084	0,076
	20cm	22,95	22,15	21,25	20,75	0,180	0,102	0,062	0,056
		22,80	22,18	21,25	20,63	0,185	0,109	0,070	0,061
	19,5cm	23,98	22,65	21,65	20,45	0,180	0,082	0,044	0,038
		23,38	22,45	21,30	20,25	0,173	0,078	0,041	0,036
		21,28	20,43	19,30	18,53	0,160	0,074	0,043	0,038
		21,20	20,03	19,30	18,00	0,174	0,078	0,045	0,038
	19cm	23,93	23,05	21,75	20,33	0,137	0,080	0,047	0,042
		23,03	22,38	21,63	20,90	0,167	0,087	0,053	0,048
		20,00	19,08	18,30	17,43	0,125	0,058	0,031	0,029
		20,15	19,08	18,28	17,30	0,122	0,055	0,030	0,028
	18,5cm	21,05	19,08	18,00	17,30	0,136	0,057	0,030	0,026
	18cm	22,13	21,10	20,48	19,55	0,160	0,090	0,056	0,048
		21,70	20,75	20,10	19,25	0,160	0,088	0,054	0,049
		20,68	20,20	18,93	17,73	0,147	0,061	0,030	0,026
		20,45	19,95	18,75	18,13	0,138	0,061	0,029	0,027
		18,70	16,65	15,50	14,45	0,089	0,035	0,017	0,015
		18,28	16,38	14,93	13,68	0,080	0,033	0,016	0,015
	17cm	20,70	18,75	16,75	16,15	0,087	0,042	0,019	0,018
		20,20	18,65	16,65	15,10	0,081	0,037	0,017	0,016
		20,10	18,55	16,30	15,60	0,087	0,039	0,018	0,016
		20,10	18,95	17,58	16,55	0,110	0,047	0,023	0,020
		19,88	18,65	17,55	16,43	0,106	0,046	0,024	0,021
		18,78	17,40	16,43	15,63	0,074	0,034	0,018	0,017
		18,70	17,30	16,15	15,40	0,072	0,031	0,016	0,015
=====									
IV.	16cm	18,60	16,50	15,18	14,63	0,068	0,034	0,019	0,016
		18,13	17,05	15,08	14,70	0,070	0,035	0,018	0,015
		17,90	15,13	13,63	13,00	0,048	0,020	0,008	0,008
		17,65	15,40	13,63	13,00	0,051	0,021	0,009	0,008
		16,55	14,05	12,50	12,10	0,035	0,016	0,006	0,005
		16,38	14,45	13,05	12,45	0,038	0,017	0,007	0,006
=====									

Tab. 4. Femur. Erläuterungen s. Tab. 2.

F E M U R

Größe Monat d. Feten		Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
Neu- geb.	51cm	82,40	81,18	80,78	75,55	8,760	5,023	3,399	3,172
	50cm	66,75	65,15	64,88	61,58	5,752	3,316	2,352	2,142
		66,63	65,33	65,28	61,83	5,637	3,310	2,336	2,144
	48cm	72,70	71,80	71,23	67,38	6,373	3,312	2,193	2,053
		72,43	71,40	71,08	65,95	6,241	3,245	2,158	2,006
X.		69,50	67,95	67,80	62,93	5,487	2,980	2,128	1,929
		69,40	67,90	67,75	63,10	5,667	3,136	2,206	2,017
	47cm	74,00	72,80	72,15	66,85	5,886	3,169	2,136	1,953
		73,95	72,73	72,28	65,50	5,221	2,749	1,844	1,687
	46cm	67,28	66,92	65,10	60,60	3,290	1,710	1,035	0,982 (+)
		67,38	66,05	65,85	61,45	3,865	2,161	1,536	1,398
	45cm	67,07	66,47	65,30	60,73	5,763	3,103	2,048	1,955
		66,82	66,25	65,45	60,60	5,590	3,050	2,055	1,934
IX.	42cm	64,48	63,38	62,58	58,15	3,907	2,053	1,432	1,321
		64,35	63,40	62,60	58,50	3,820	1,964	1,358	1,265
	41cm	55,78	53,50	53,00	50,45	2,761	1,514	1,054	0,967
		54,85	54,30	53,83	50,75	2,828	1,534	1,085	0,981
	40cm	51,90	50,95	50,20	46,45	2,175	1,379	0,919	0,867
VIII.		51,47	50,55	49,80	45,05	2,178	1,377	0,918	0,847
		50,90	49,45	49,15	45,95	2,478	1,450	1,039	0,926
		50,78	49,43	49,20	46,70	2,512	1,454	1,051	0,932
	35cm	48,70	47,40	46,60	44,25	1,768	1,083	0,781	0,720
		48,18	47,13	46,48	44,13	1,791	1,108	0,806	0,741
		47,80	46,60	46,15	43,58	1,747	0,889	0,625	0,574
VII.	32cm	47,50	46,25	45,90	43,00	1,752	0,884	0,624	0,573
		49,07	48,45	47,30	44,35	1,757	0,871	0,576	0,527
		48,03	47,18	46,55	42,70	1,775	0,885	0,591	0,552
	31cm	33,48	32,33	31,20	29,95	0,620	0,284	0,170	0,153
		33,45	32,38	31,25	30,10	0,611	0,280	0,169	0,150
	30cm	37,75	36,80	35,85	34,65	0,855	0,490	0,301	0,270
		37,60	36,65	35,93	34,68	0,775	0,487	0,295	0,267
		36,15	35,35	34,45	33,60	0,768	0,356	0,213	0,195
		35,68	34,60	33,90	33,15	0,748	0,352	0,213	0,196
	29cm	35,23	34,33	33,55	32,83	0,757	0,316	0,177	0,161
		34,28	33,55	32,65	32,05	0,705	0,318	0,176	0,161
	28cm	36,90	35,65	35,00	33,70	0,818	0,430	0,274	0,257
VI.		36,90	35,28	34,75	33,45	0,825	0,440	0,269	0,251

		Länge in mm				Gewicht in g			
Größe	Monat d.Feten	frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
V.	25cm	23,83	22,10	20,95	20,35	0,178	0,086	0,045	0,040
		23,63	22,30	21,00	20,45	0,185	0,087	0,046	0,041
		23,78	23,00	21,23	19,55	0,157	0,076	0,039	0,034
		24,20	22,83	20,65	19,90	0,174	0,072	0,034	0,030
		23,20	22,03	20,30	19,78	0,143	0,065	0,030	0,027
		23,03	22,23	20,30	18,23	0,138	0,074	0,030	0,022
	24cm	23,38	22,40	21,43	20,45	0,168	0,074	0,038	0,034
		24,25	22,50	21,15	20,00	0,168	0,078	0,040	0,033
		25,88	25,03	24,28	22,93	0,213	0,088	0,044	0,038
		25,75	24,58	23,40	22,55	0,187	0,080	0,041	0,035
		23,45	22,15	20,98	20,25	0,181	0,077	0,041	0,036
		23,15	21,75	20,38	19,75	0,168	0,076	0,042	0,036
	22cm	26,15	24,95	23,45	22,38	0,188	0,086	0,041	0,040
		25,75	24,70	23,03	21,90	0,200	0,089	0,045	0,040
		24,40	23,70	22,98	22,00	0,211	0,109	0,065	0,060
	21cm	24,05	23,45	22,65	21,95	0,194	0,101	0,058	0,055
		24,05	22,63	21,30	20,55	0,152	0,074	0,034	0,031
		24,00	22,43	21,08	20,20	0,169	0,075	0,035	0,032
		23,53	22,68	21,90	21,38	0,181	0,087	0,050	0,047
	20cm	23,00	22,10	21,55	21,00	0,167	0,086	0,050	0,046
		19,65	19,05	18,05	17,73	0,096	0,057	0,034	0,031
		19,33	18,60	17,78	17,18	0,089	0,053	0,031	0,026
	19,5cm	21,13	19,48	18,25	17,23	0,102	0,046	0,020	0,018
		20,95	19,25	17,98	17,03	0,106	0,048	0,022	0,018
		19,55	18,60	17,25	16,33	0,095	0,038	0,019	0,017
		19,23	17,80	16,30	15,60	0,087	0,036	0,017	0,016
		21,13	20,20	18,60	17,50	0,069	0,045	0,026	0,024
	19cm	20,80	20,00	19,18	18,20	0,080	0,049	0,029	0,026
		19,55	18,83	18,33	17,85	0,101	0,053	0,032	0,030
		19,70	19,13	18,35	17,85	0,096	0,053	0,031	0,029
		18,65	16,73	15,95	15,15	0,065	0,029	0,014	0,013
		17,95	16,83	15,73	14,95	0,059	0,029	0,014	0,013
	18,5cm	18,63	16,98	14,80	14,50	0,086	0,030	0,012	0,011
		18,75	17,90	17,35	16,65	0,087	0,049	0,029	0,026
	18cm	18,75	17,88	17,35	16,58	0,085	0,047	0,027	0,023
		17,43	16,85	14,70	14,08	0,056	0,024	0,009	0,008
		17,43	16,70	14,93	13,80	0,057	0,024	0,009	0,007
		16,63	14,75	11,98	11,08	0,044	0,017	0,007	0,006
		16,25	14,93	12,15	11,83	0,053	0,018	0,007	0,006
		17,70	16,40	13,15	12,88	0,057	0,022	0,008	0,007
		17,05	16,05	13,45	12,93	0,047	0,020	0,008	0,007
		17,33	16,10	14,50	13,78	0,056	0,023	0,008	0,008
	17cm	17,20	16,20	14,13	13,55	0,053	0,021	0,009	0,008
		16,30	14,90	12,93	12,00	0,027	0,014	0,006	0,005
=====									
IV.	16cm	16,45	15,03	11,68	11,28	0,040	0,019	0,008	0,006
		14,88	13,00	9,80	9,28	0,024	0,010	0,004	0,003
		14,80	13,08	9,75	9,40	0,025	0,010	0,004	0,003
=====									

Tab. 5. Tibia. Erläuterungen s. Tab. 2.

T I B I A

Größe Monat d.Feten		Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
Neu- geb.	51cm	72,68	71,80	71,23	67,10	5,460	3,222	2,179	2,041
		72,20	71,38	70,78	65,53	5,473	3,193	2,189	2,022
X.	50cm	57,00	55,75	55,73	52,50	3,194	1,881	1,300	1,195
		56,95	55,75	55,75	53,78	3,484	1,988	1,372	1,277
	48cm	64,45	63,65	63,28	58,95	3,481	1,797	1,199	1,114
		64,25	63,53	62,95	58,83	3,472	1,783	1,166	1,103
	47cm	61,65	59,93	59,60	55,70	3,587	1,957	1,358	1,249
		61,50	60,30	60,20	56,00	3,547	1,947	1,349	1,241
	46cm	63,65	62,45	62,03	55,98	3,083	1,625	1,070	0,989
		62,97	61,95	61,48	55,83	3,963	2,305	1,462	1,364
	46cm	58,82	58,42	57,25	55,58	2,167	0,998	0,574	0,547
		58,50	58,40	57,23	53,28	2,220	1,078	0,629	0,595
		59,75	58,50	57,88	53,90	2,524	1,403	0,979	0,904
		59,23	58,05	57,80	54,35	2,468	1,382	0,962	0,889
IX.	45cm	59,85	58,02	57,33	53,45	3,478	1,897	1,266	1,196
		58,32	57,72	56,80	52,65	3,496	1,890	1,267	1,185
	42cm	55,38	54,50	53,65	49,50	2,395	1,293	0,889	0,832
		54,70	53,98	53,20	49,38	2,308	1,243	0,858	0,799
	41cm	49,48	48,28	47,98	45,48	1,784	0,964	0,667	0,614
	49,38	48,40	47,75	45,55	1,762	0,961	0,662	0,615	
VIII.	40cm	47,98	46,30	45,58	41,35	1,338	0,912	0,590	0,554
		47,40	45,70	45,15	43,40	1,348	0,913	0,589	0,560
	40cm	45,88	44,95	44,53	41,25	1,495	0,888	0,628	0,564
		45,50	44,43	44,33	41,45	1,512	0,903	0,635	0,574
VII.	35cm	42,55	41,40	41,15	38,18	1,123	0,563	0,401	0,359
		42,28	41,33	40,85	38,43	1,156	0,563	0,394	0,361
	32cm	42,53	41,48	40,78	38,45	1,119	0,681	0,485	0,452
		41,80	40,90	40,25	38,55	1,142	0,719	0,515	0,477
	31cm	41,20	40,60	40,00	37,13	0,958	0,532	0,350	0,327
		41,12	40,35	39,98	36,45	0,895	0,520	0,348	0,319
		29,75	28,55	27,80	26,18	0,353	0,163	0,091	0,082
	29,08	28,33	27,55	26,93	0,377	0,168	0,096	0,085	
VI.	30cm	33,70	33,05	32,35	31,45	0,529	0,333	0,200	0,178
		33,60	32,75	32,15	31,15	0,519	0,317	0,185	0,168
	29cm	31,63	30,83	30,13	29,50	0,488	0,234	0,137	0,127
		31,60	30,73	29,93	29,35	0,458	0,220	0,130	0,118
	28cm	31,15	30,55	29,90	29,13	0,477	0,200	0,108	0,101
		31,13	30,45	29,60	28,98	0,482	0,203	0,110	0,101
	27cm	32,63	31,30	30,75	29,68	0,486	0,245	0,149	0,133
		32,53	31,53	30,88	29,55	0,477	0,261	0,157	0,137
	26cm	28,60	26,80	25,95	25,23	0,273	0,151	0,082	0,072
		28,40	27,03	25,90	25,00	0,293	0,159	0,083	0,073
		26,10	25,28	24,25	22,95	0,268	0,132	0,071	0,062
		25,63	25,25	23,90	23,05	0,289	0,133	0,069	0,059
		32,23	30,65	29,70	28,80	0,444	0,197	0,113	0,097
		32,00	30,53	29,78	28,75	0,442	0,196	0,113	0,097

F I B U L A

Monat	Größe d.Feten	Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
Neu- geb.	51cm	69,48	68,53	68,05	62,75	1,100	0,730	0,485	0,453
		69,00	68,08	67,68	62,63	1,219	0,758	0,514	0,473
X.	50cm	55,65	54,60	54,50	51,73	0,632	0,441	0,305	0,279
		55,13	54,20	54,05	50,83	0,625	0,423	0,291	0,266
	48cm	60,98	60,55	60,30	55,65	0,707	0,426	0,283	0,262
		57,75	56,88	56,35	52,65	0,707	0,465	0,323	0,290
	47cm	57,45	56,45	56,38	52,15	0,727	0,460	0,331	0,290
		57,95	57,23	56,20	52,75	0,563	0,414	0,265	0,248
	46cm	57,85	57,03	56,35	52,75	0,638	0,440	0,293	0,264
		54,77	53,98	52,88	50,38	0,406	0,249	0,146	0,136
		54,60	54,00	52,70	50,15	0,415	0,287	0,166	0,157
		56,20	55,25	55,00	51,75	0,448	0,311	0,203	0,194
IX.	45cm	54,35	53,57	52,70	49,30	0,676	0,395	0,259	0,245
	42cm	54,18	53,62	52,95	48,53	0,652	0,395	0,263	0,241
		53,18	52,33	51,50	47,70	0,464	0,306	0,203	0,192
	41cm	52,98	52,25	51,55	47,83	0,515	0,325	0,219	0,205
VIII.	40cm	46,30	45,10	44,35	42,03	0,247	0,170	0,117	0,107
		46,00	45,40	44,88	42,73	0,282	0,174	0,121	0,111
		45,13	44,45	43,50	39,55	0,270	0,207	0,130	0,121
		44,55	43,90	43,08	41,40	0,249	0,204	0,128	0,120
VII.	35cm	43,45	42,20	41,85	39,60	0,246	0,200	0,138	0,123
		43,20	42,65	42,35	39,65	0,257	0,210	0,143	0,128
		39,85	38,90	38,20	35,70	0,195	0,133	0,090	0,084
VI.	32cm	39,65	38,85	37,78	35,30	0,212	0,135	0,091	0,084
	30cm	38,60	37,95	37,33	34,60	0,157	0,120	0,079	0,071
V.	29cm	33,38	32,35	31,20	30,15	0,102	0,069	0,039	0,036
		28,90	28,45	27,05	26,10	0,080	0,050	0,029	0,027
		28,75	28,15	27,38	26,48	0,075	0,049	0,030	0,026
		28,90	28,68	27,05	25,75	0,063	0,045	0,025	0,024
	28cm	28,63	28,15	27,40	25,78	0,066	0,045	0,025	0,022
		31,48	29,80	28,85	27,95	0,094	0,054	0,028	0,026
		24,35	23,33	20,30	19,60	0,048	0,023	0,010	0,008

Monat	Größe d.Feten	Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
IV.	24cm	24,80	23,60	17,40	16,00	0,032	0,017	0,007	0,006
		24,65	23,00	16,90	14,98	0,024	0,015	0,006	0,005
	22cm	24,55	22,45	15,80	15,75	0,023	0,014	0,005	0,005
		20cm	18,20	17,08	14,70	0,012	0,009	0,005	0,005
	19,5cm	18,00	16,40	15,00	14,63	0,013	0,010	0,006	0,006
		19,70	18,00	14,50	13,55	0,012	0,009	0,003	0,003
	19cm	18,85	17,80	17,10	16,73	0,021	0,014	0,008	0,008
		18,73	18,20	17,45	16,50	0,022	0,014	0,009	0,009
	18,5cm	17,65	17,00	15,65	15,05	0,013	0,011	0,007	0,006
		15,90	14,60	7,58	7,05	0,009	0,007	0,002	0,002
	18cm	18,30	16,30	14,50	14,05	0,013	0,008	0,004	0,003
		18,38	17,08	16,20	15,55	0,015	0,011	0,006	0,005
	17cm	17,73	16,50	15,45	14,73	0,012	0,010	0,006	0,005
		16,33	14,83	12,35	12,35	0,011	0,006	0,003	0,003
	17cm	16,48	15,63	13,13	12,43	0,007	0,006	0,003	0,003
		17,00	15,55	14,75	13,43	0,012	0,006	0,003	0,003
	16cm	15,25	14,35	7,60	4,73	0,008	0,005	0,002	0,002

Tab. 6. Fibula. Erläuterungen s. Tab. 2.

CLAVICULA

Monat	Größe d. Feten	Länge in mm				Gewicht in g			
		frisch	getr.	verk.	calc.	frisch	getr.	verk.	calc.
Neu- geb.	51cm	49,22	47,58	46,68	43,48	1,011	0,646	0,440	0,410 (+)
=====									
X.	48cm	42,50	41,40	40,20	36,15	0,564	0,322	0,214	0,188 (+)
		42,50	41,45	40,75	36,93	0,532	0,310	0,203	0,190 (+)
	47cm	40,17	38,48	36,78	31,85	0,736	0,430	0,278	0,258 +
	46cm	40,00	38,83	37,80	35,18	0,387	0,245	0,162	0,153 (+)
=====									
IX.	45cm	41,77	40,65	39,70	36,70	0,647	0,372	0,248	0,232 (+)
		41,40	40,50	39,20	35,93	0,634	0,378	0,249	0,236 (+)
	42cm	38,00	36,65	35,60	32,55	0,377	0,241	0,161	0,152 (+)
		38,00	37,13	35,95	33,15	0,410	0,256	0,173	0,161 (+)
=====									
VIII.	40cm	33,00	32,00	31,35	29,05	0,227	0,161	0,109	0,099 (+)
		32,68	32,35	30,85	29,10	0,186	0,137	0,087	0,081 (+)
		32,37	32,18	31,08	29,25	0,183	0,134	0,086	0,080 (+)
=====									

Tab. 7. Clavicula. Erläuterungen s. Tab. 2.

Abb. 1 stellt eine Zeichnung jener Meßrinne dar, in die die Knochen gelegt wurden. Diese war so konstruiert, daß eine Schräglagerung durch den dreieckigen Querschnitt des Instrumentes vermieden werden konnte. Aus dem Abstand zwischen dem knapp angeschobenen Stempel und dem Ende der Rinne wurde die Länge des Knochens mit der Schublehre bestimmt.

Da mit dieser Methode sich nur die absolute Länge feststellen läßt, wird u. U. durch Krümmungen der Knochen eine stärkere Verkleinerung vorge-
täuscht als tatsächlich besteht, Auf die damit verbundenen Fehlerquellen wird bei den Diskussionen der Tabellen und Graphiken noch näher eingegan-
gen.

B. Versuchsergebnisse

Die Tabellen 1 - 7 erfassen alle gefundenen Meßergebnisse, nach Schwangerschaftsmonaten und innerhalb dieser nach der Körpergröße der Feten ge-
ordnet. Die Einteilung in Fetalmonate wurde dabei nach dem Schema von
HAASE (4) vorgenommen, da die Berücksichtigung von Variationen die
Übersicht erschwerte.

a. Besprechung der Artefacte

1. Verbiegungen

Eine Reihe der untersuchten Knochen hat bei dem Verbrennungsvorgang eine
Verbiegung erfahren. Sie sind jeweils in den Tabellen durch Ankreuzen am
rechten Rande gekennzeichnet; je nach dem Grade der Verkrümmung steht
das Kreuz in Klammern oder ist einfach bzw. verdoppelt. In allen Fällen
trat die Verbiegung nur bei der Verkohlung auf. D.h. die Form blieb beim
Trocknen erhalten, und die im ersten Stadium der Verbrennung entstandene
Verformung änderte sich bei der Calcination nicht mehr. Daraus ergibt sich,
daß die Trockenwerte ohne Einschränkung verwendbar sind.

Bei den verkohlten Knochen läßt sich nicht immer mit Sicherheit festlegen,
ob eine echte Längenabnahme vorliegt oder ob sie nur durch die Verbiegung
des Knochens vorgetäuscht wird. Durch Calcination tritt zwar eine eindeuti-
ge Schrumpfung dieser verkrümmten Knochen auf, ihr Ausmaß erscheint aber
in bezug auf den frischen Knochen größer, als es tatsächlich der Fall ist. Aus
diesem Grunde werden den späteren Diskussionen nur Ergebnisse von unverform-
ten Knochen zugrunde gelegt.

Wie ein kurzer Blick auf die Tabellen zeigt, sind besonders Clavicula, Ra-

dus, Ulna und Fibula von derartigen Formänderungen betroffen, und zwar vorwiegend Material aus dem 4. und 5. Monat. Bei Humerus, Femur und Tibia kommen sie nur ausnahmsweise vor, und jenseits des 5. Monats treten Verkrümmungen nur noch bei der Clavicula auf.

2. Fissuren und Aufsplitterungen

Umgekehrt liegen die Verhältnisse bei Fissuren und Knochensprüngen. Sie sind bei Radius, Ulna, Fibula und Clavicula im gesamten untersuchten Entwicklungsbereich selten anzutreffen und nur unbedeutend. Bei Tibia und Femur hingegen treten sie bei zunehmender Größe in 70-75% der Fälle und beim Humerus in ca. 60% auf. Im Bereich vom 4.-6. Monat wurden sie unter 195 Knochen nur 12 mal beobachtet.

b. Längen- und Gewichtsabnahme

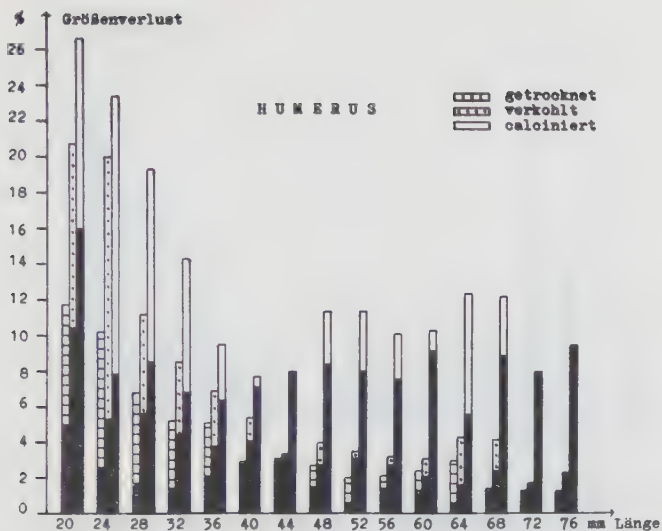
1. Längenverhältnisse

Aus der Zusammenstellung in den Tabellen ergibt sich, daß - von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen - in jeder Phase des Untersuchungsanges eine meßbare Verkürzung der Knochen eingetreten ist.

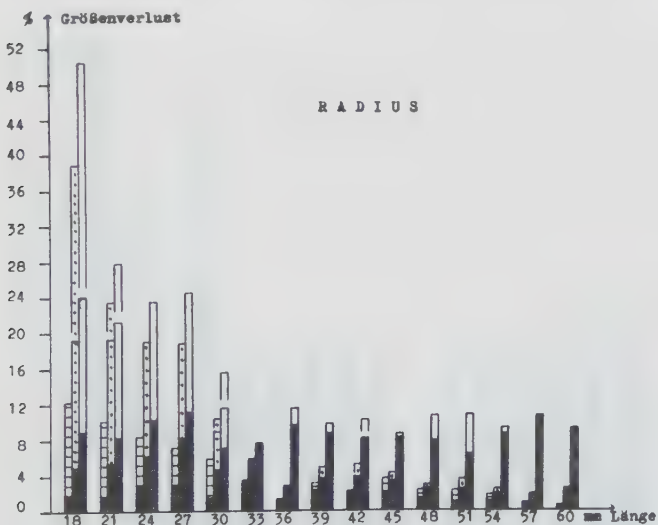
In den Graphiken 1 - 7 sind die prozentualen Längenverluste in Abhängigkeit von der Größe des frischen Knochens dargestellt. Alle Abbildungen - diejenige für die Clavicula ausgenommen - zeigen eine hyperbelförmige Zunahme der Prozentsätze bei den kleineren Knochen. Ein Vergleich mit den Tabellen läßt erkennen, daß sie bei Werten beginnt, die von Feten aus dem 7. oder 6. Fetalmonat stammen.

Der Grad der Verkürzung beträgt im 8.-10. Monat nach dem Trocknen 0,2-4%, nach der Calcination 5,4-13,8% (Abb. 5). Die letzten Werte werden lediglich von der Clavicula mit 9,5-14,9% überstiegen (Abb. 2). Zwischen den genannten Prozentsätzen liegen diejenigen für die Verkohlung. Vom 7. bis zum 4. Monat steigen sie allmählich von maximal 6,6% nach dem Trocknen und 12,1% nach dem Calcinieren über 8,5% bzw. 19,5% im 6. Monat auf 15,4 und 27,2% (Abb. 3) im 5. und 4. Monat an.

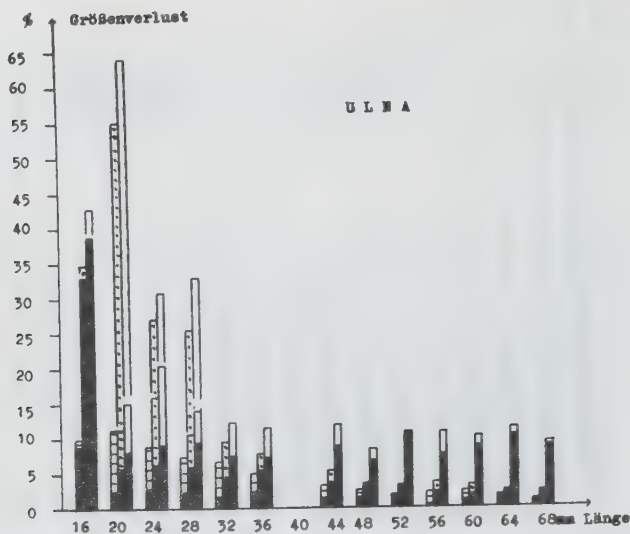
Um den Einwand, die starken Schrumpfungen der kleinen Knochen seien lediglich durch mehr oder weniger starke Verkrümmungen hervorgerufen, von vornherein zu entkräften, wurden, wie bereits erwähnt, nur jene Werte her-



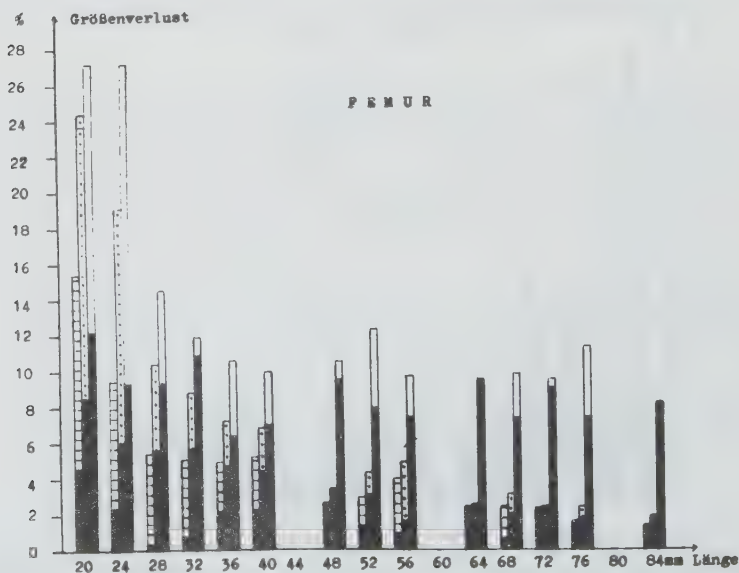
Graphik 1 : Humerus. Größenverlust in Abhängigkeit von der Länge des Knochens.
Die schwarzen Säulen stellen die Fußpunkte dar. Das gilt für sämtliche Graphiken.



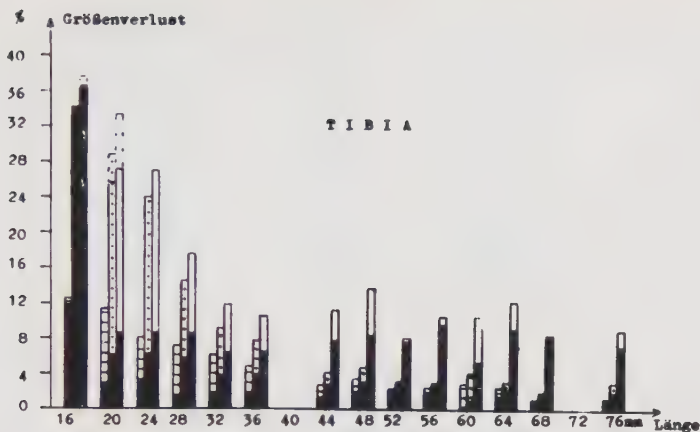
Graphik 2 : Radius. Größenverlust in Abhängigkeit von der Länge des frischen Knochens.
Werte oberhalb der Unterbrechung der Säulen stammen von verkrümmten Knochen.



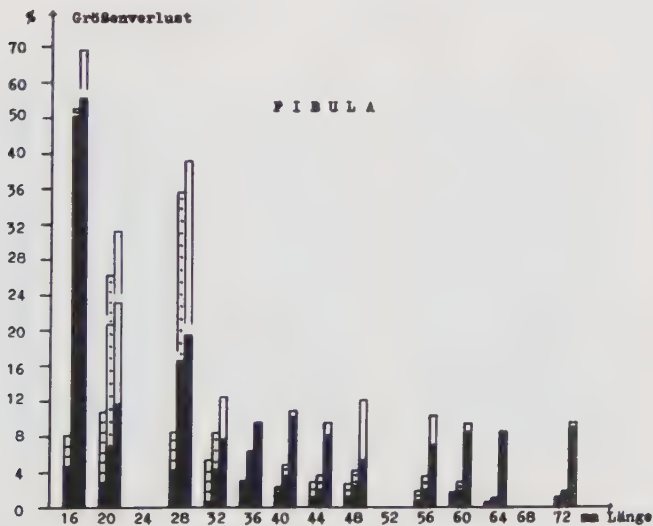
Graphik 3 : Ulna. Größenverlust in Abhängigkeit von der Länge des frischen Knochens.
 Werte oberhalb der Unterbrechung der Säulen stammen von verkrümmten Knochens.



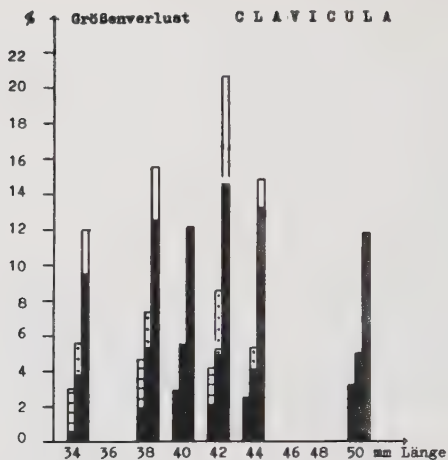
Graphik 4 : Femur. Größenverlust in Abhängigkeit von der Länge des frischen Knochens.



Graphik 5 : Tibia. Größenverlust in Abhängigkeit von der Länge des frischen Knochens.
Werte oberhalb der Unterbrechung der Säulen stammen von verkrümmten Knochens.



Graphik 6 : Fibula. Größenverlust in Abhängigkeit von der Länge des frischen Knochens.
Werte oberhalb der Unterbrechung der Säulen stammen von verkrümmten Knochens.



Graphik 7 : Clavicula. Größenabnahme in Abhängigkeit von der Länge des frischen Knochens. Werte oberhalb der Unterbrechung der Säulen stammen von verkrümmten Knochen.



Abb. 2 : Rechte Clavicula eines 48 cm langen Feten.
 Länge des frischen Knochens 42, 50 mm.
 Links: getrocknet 41, 40 mm (2, 6 %)
 Mitte: verkohlt 40, 20 mm (5, 4 %)
 Rechts: calciniert 33, 15 mm (14, 9 %)
 Originalgröße.



Abb. 3 : Rechte Tibia eines 16 cm langen Feten .

Länge des frischen Knochens 17,90 mm.

Links: getrocknet 15,13 mm (15,4 %)

Mitte: verkohlt 13,63 mm (23,8 %)

Rechts: calciniert 13,00 mm (27,3 %)

Originalgröße



Abb. 4 : Linke Fibula eines 16 cm langen Feten.

Länge des frischen Knochens 15,25 mm

Links: getrocknet 14,35 mm (5,9 %)

Mitte: verkohlt 7,66 mm (50,0 %)

Rechts: calciniert 4,73 mm (69,0 %)

Originalgröße

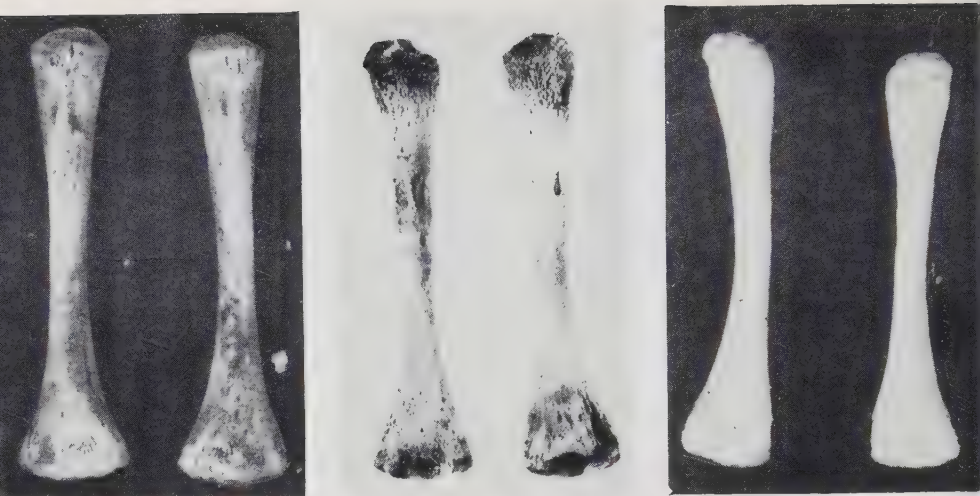


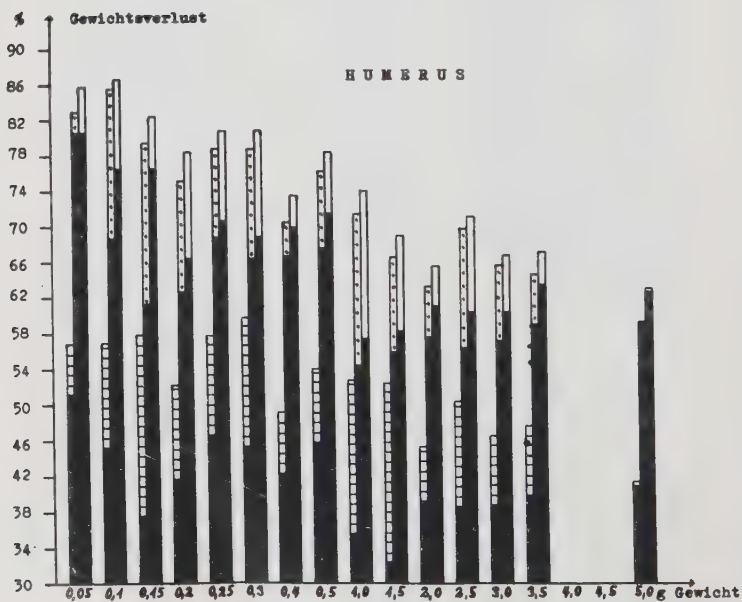
Abb. 5 : Humeri eines 46 cm langen Feten.

Länge der frischen Knochen 60,17 mm; 61,27 mm.

Links: getrocknet 59,87 mm; 59,42 mm

Mitte: verkohlt 58,85 mm; 58,55 mm

Rechts: calciniert 56,73 mm; 53,58 mm



Graphik 5 : Humerus. Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens.

angezogen, die von unverbogenen Knochen stammen. Unter Einbeziehung der Verkrümmungen würden sehr viel höhere Prozentwerte errechnet werden. Bei der getroffenen Auswahl liegen sie häufig um 40-50%; in einem Einzelfall schrumpfte eine Fibula von 15,25 mm Länge auf 4,73 mm = 69% (s. Abb.4).

Eine Abhängigkeit der Längenabnahme vom Knochentyp läßt sich, außer für die Clavicula, nicht nachweisen, die aber auf eine regelmäßig auftretende Krümmungszunahme zurückzuführen ist. Lediglich im 6. Monat ist eine stärkere Verkürzung bei Tibia, Radius, Ulna und Fibula festzustellen. Sie wiederholt sich in anderen Monaten nicht und muß daher als Zufallsergebnis gewertet werden.

Betrachtet man die Längenverluste bei den gleichartigen Knochen eines Feten, so halten sie sich - wenn man kleinere Abweichungen, die innerhalb der Fehlerbreite liegen, unberücksichtigt läßt - im allgemeinen in der gleichen Größenordnung. Nur gelegentlich kommen größere Variationen vor, zu denen hier einige Beispiele angeführt werden.

1. Beispiel: 46 cm langer Fet. Die Schrumpfung beträgt bei dem

rechten Humerus

nach dem Trocknen: 3,0%
nach dem Verkohlen: 4,3%
nach der Calcination: 12,4%

linken Humerus

nach dem Trocknen: 0,6%
nach dem Verkohlen: 2,3%
nach der Calcination: 5,6%

Nach allen Versuchsgängen zeigt sich also der unterschiedliche Größenverlust (Abb.5). Im nächsten Beispiel wird er erst bedeutend nach der Calcination, während im 3. Fall die linke Tibia nach Trocknung und Verkohlung weniger abnimmt als die rechte und erst nach der Calcination die rechte übertrifft.

2. Beispiel: 40 cm langer Fet.

Rechte Fibula

nach dem Trocknen: 1,6%
nach dem Verkohlen: 3,6%
nach der Calcination: 12,5%

Linke Fibula

nach dem Trocknen: 1,5%
nach dem Verkohlen: 3,3%
nach der Calcination: 7,1%

3. Beispiel: 25 cm langer Fet.

Rechte Tibia

nach dem Trocknen: 4,9%
nach dem Verkohlen: 12,5%
nach der Calcination: 14,8%

Linke Tibia

nach dem Trocknen: 3,4%
nach dem Verkohlen: 11,9%
nach der Calcination: 20,8%

2. Gewichtsverhältnisse

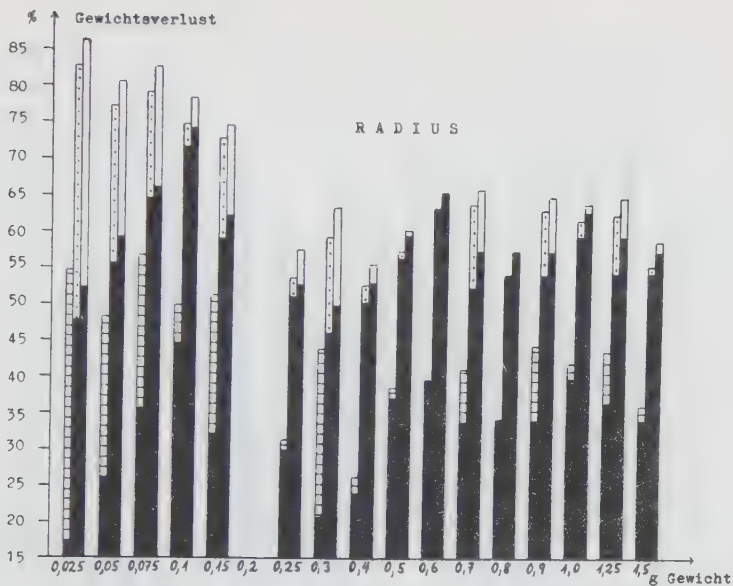
Ebenso wie die Längen werden durch Trocknung, Verkohlung und Calcination auch die Gewichte reduziert. Lediglich bei den kleineren und leichteren Knochen, deren Masse schon nach dem Verkohlen nur 10 mg oder weniger betrug, waren Veränderungen des Gewichtes durch die Calcination mitunter nicht mehr faßbar, da sie außerhalb der Größe eines Milligramms lagen (vgl. Tab.).

Die Graphiken 8-14, die den prozentualen Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens darstellen, zeigen wiederum einen hyperbelförmigen - wenn auch flacheren - Verlauf als die Graphiken 1-7. In gleicher Weise, wie die Verkürzung der Knochen vom 4. bis zum 7. Monat an Stärke verliert, sinkt auch der Gewichtsverlust ab, um sich vom 8.-10. Monat auf einer Höhe zu halten.

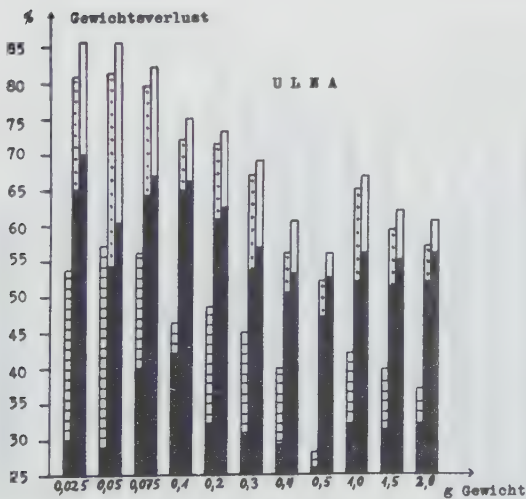
Für Humerus, Femur und Tibia liegt die Gewichtsabnahme im 8.-10. Monat zwischen 58,2 und 74,8%, für die übrigen Knochen zwischen 50,0 und 67,1%. Diese Werte steigen für erstere auf 57,3 - 79,1% im 7. Monat, sonst auf 52,9 - 74,8%. Alle erreichen bei Knochen aus dem 6., 5. und 4. Monat Werte, die weit über 80% hinausgehen, maximal 88,7%.

Es zeigt sich also für den Grad des Gewichtsverlustes eine gewisse Abhängigkeit vom Knochentyp. Besonders im 7.-10. Monat wird eine deutliche Differenz zwischen Clavicula, Radius, Ulna und Fibula einerseits und Humerus, Femur und Tibia andererseits erkennbar. Letztere zeigen stärkere Verminderungen ihres Gewichtes als die anderen. Nicht so klar liegt der Fall im 5. und 6. Monat, da die Maximalwerte sich in etwa decken. Andererseits weisen aber die Minimalwerte immer noch - zum Teil sogar erhebliche - Unterschiede auf. Diese Differenzen sind schon nach der Austrocknung deutlich, woraus zu schließen ist, daß der Gewichtsverlust im wesentlichen auf einen unterschiedlichen Wassergehalt der Knochen zurückzuführen ist.

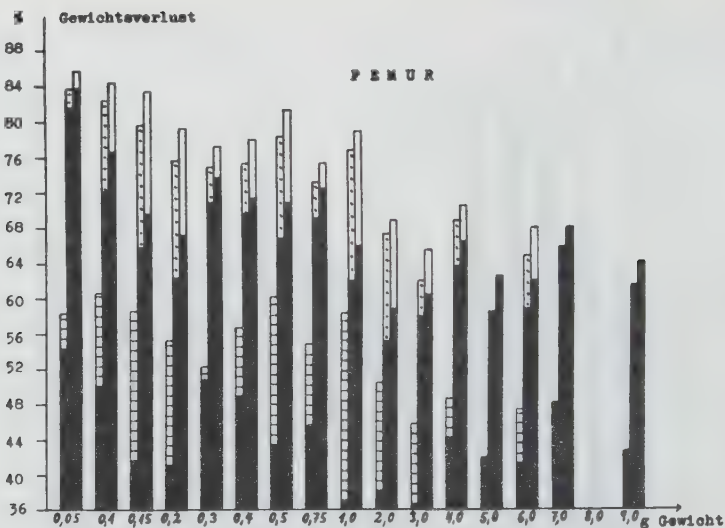
Größere unterschiedliche Gewichtsverluste bei homologen Knochen eines Feten sind nur 8 mal beobachtet worden und lagen nach vollständiger Verbrennung zwischen 5,0 und 9,5%.



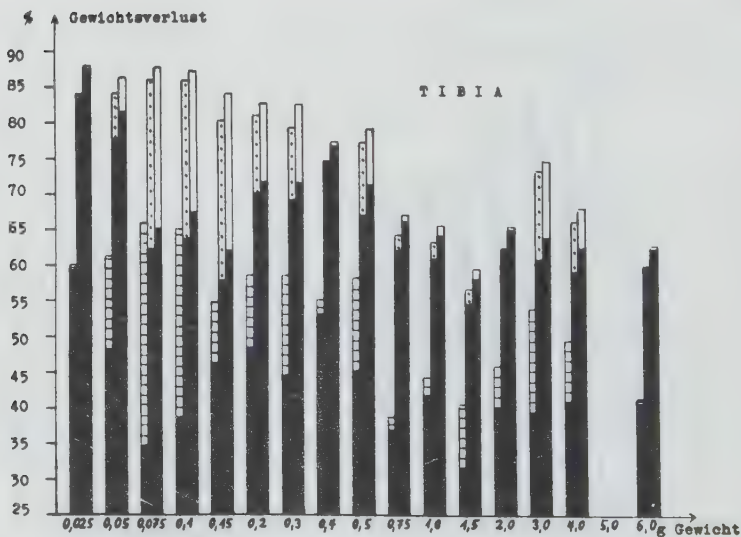
Graphik 9 : Radius. Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens.



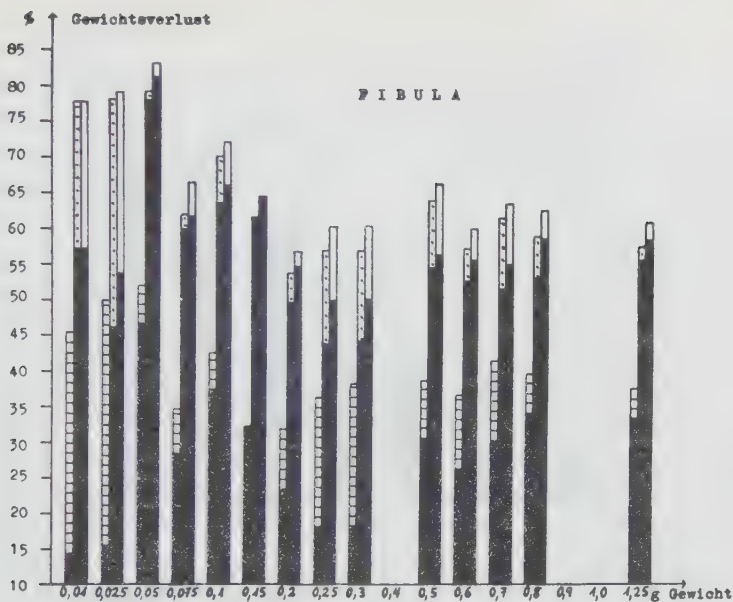
Graphik 10 : Ulna. Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens.



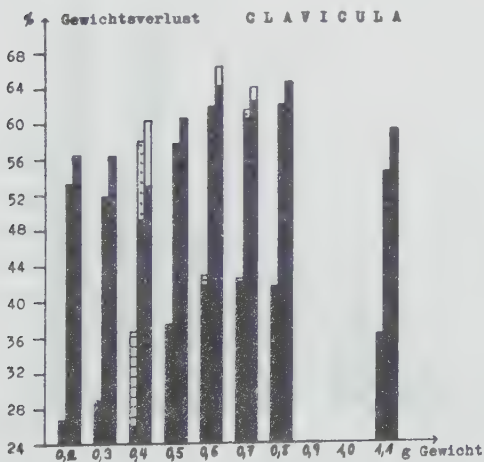
Graphik 11 : Femur. Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens.



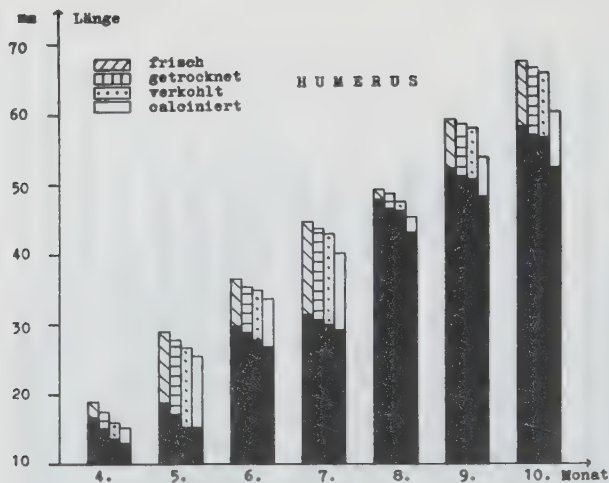
Graphik 12 : Tibia. Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens.



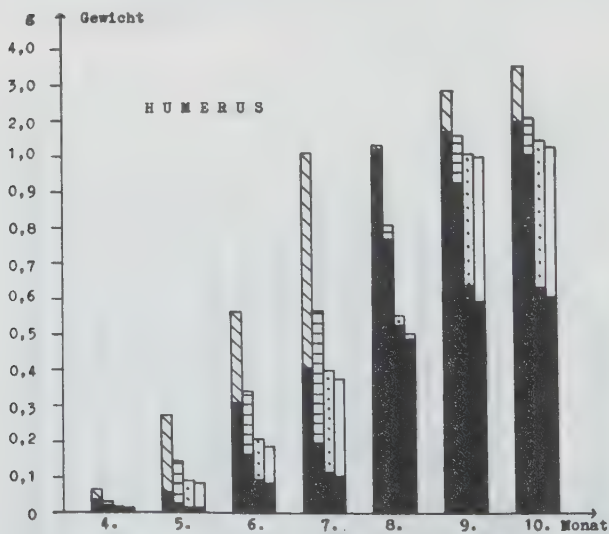
Graphik 13 : Fibula. Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens.



Graphik 14 : Clavicula. Gewichtsverlust in Abhängigkeit vom Gewicht des frischen Knochens.



Graphik 15 : Humerus, Länge in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



Graphik 16 : Humerus, Gewicht in Abhängigkeit vom Alter des Feten.

3. Beziehungen zwischen Längen- und Gewichtsabnahme

Wie aus den vorigen Untersuchungen hervorgeht, ist jeder Substanzschwund von einer Schrumpfung begleitet. Diese Tatsache weist an sich auf das Bestehen einer Beziehung zwischen Längen- und Gewichtsverlust hin. Es konnte jedoch nicht immer eine direkte proportionale Beziehung zwischen Abnahme des Gewichtes und Verkürzung des Knochens gefunden werden. Das wird besonders deutlich an den Graphiken 15-27. Hier sind die Extremwerte der einzelnen Monate dargestellt.

Nach der Austrocknung zeigt sich durch den Wasserverlust ein beträchtlicher Abfall des Gewichtes, zu dem nur relativ geringe Schrumpfungen gehören. Das gleiche Bild bietet sich nach der Verkohlung. Da diese mit Absicht so weit wie möglich ausgeführt wurde, bleiben bei dem hohen Grad der Verbrennung nur noch verhältnismäßig geringe Mengen organischer Substanz übrig, die dann später bei der Calcination erst verlorengehen. Erstaunlicherweise tritt aber gerade in dieser Phase eine starke weitere Verkürzung des Knochens auf (Abb. 5). Dieser Umstand ist wohl damit zu erklären, daß selbst geringe Mengen organischer Verbindungen die Maße und damit die Größe des lebenden Knochens mitbestimmen. Die anorganische Substanz ist demnach nicht ein starres Gerüst, sondern nur ein Baumaterial, das zusammensintert, wodurch bei Erhalt der groben Gerüststruktur eine Schrumpfung der Gestalt bedingt wird. In diesem Punkt kann das Ergebnis von MULLER (5), der angibt, die stärkste Verkürzung sei mit der Verkohlung schon erzielt, nicht bestätigt werden.

Für die Auffassung, daß keine proportionale Beziehung zwischen Längen- und Gewichtsverlust besteht, spricht auch die Tatsache, daß unterschiedliche Größenverluste homologer Knochen nur in seltenen Fällen mit Differenzen im Gewichtsverlust parallel gehen. Unter den auf S. 7 f. angeführten Beispielen finden sich die beiden einzigen Fälle des vorliegenden Materials, bei denen entsprechende Differenzen in der Gewichtsreduktion bestehen. In Beispiel 2 liegt nach der Calcination ein Unterschied von 3,4% vor, in Beispiel 3 von 8,2% nach dem Trocknen und 3,0% nach der Calcination. Das erste Beispiel zeigt dagegen nur eine Differenz von 1,1%, die durchaus als normal anzusehen ist.

Es geht aus den genannten Zahlen hervor, daß auf der anderen Seite ein erheblich unterschiedlicher Gewichtsverlust bestehen kann, ohne daß er sich in einem entsprechend großen unterschiedlichen Längenverlust ausdrückt. So stehen der Gewichts Differenz von 8,2% im 3. Beispiel nur 1,5% bei der Längen-

abnahme gegenüber. Es kann sogar vorkommen, daß der Knochen mit der stärkeren Verkürzung eine geringere Gewichtsabnahme aufweist.

Beispiel: 25 cm langer Fet. Nach Calcination beträgt die

Längenabnahme	Gewichtsabnahme
<u>Rechter</u> Humerus: 14,1%	<u>Rechter</u> Humerus: 74,9%
<u>Linker</u> Humerus: 9,4%	<u>Linker</u> Humerus: 77,0%

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich also wohl eine Beziehung zwischen Schrumpfung und Gewichtsabnahme; eine - wenn auch nur in gewissen Grenzen - gültige Regel läßt sich aus den getroffenen Feststellungen aber nicht ableiten.

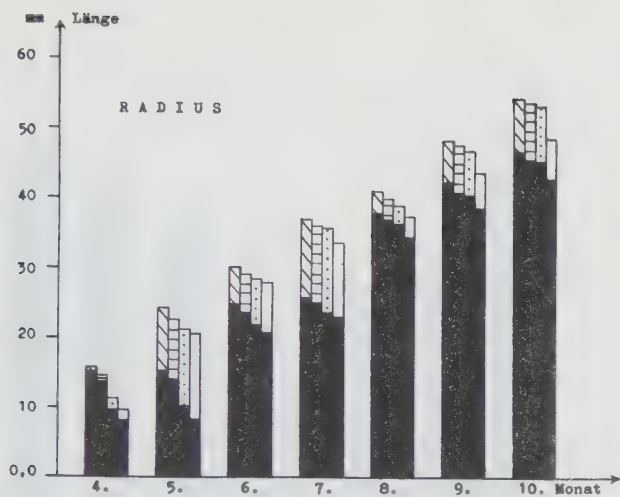
4. Beziehungen zum Alter

Wie bereits unter 1. und 2. dargestellt, besteht zwischen Längen- und Gewichtsabnahme der Knochen und dem Entwicklungszustand des Feten eine Beziehung. D.h. vom 7. Monat an abwärts werden die Verluste größer, während eine Abhängigkeit von Größe und Gewicht bei Knochen älterer Feten kaum oder garnicht festzustellen ist. Soweit Beziehungen zum Alter bestehen, kommen sie in der Schrumpfung stärker zum Ausdruck als in der Gewichtsreduktion.

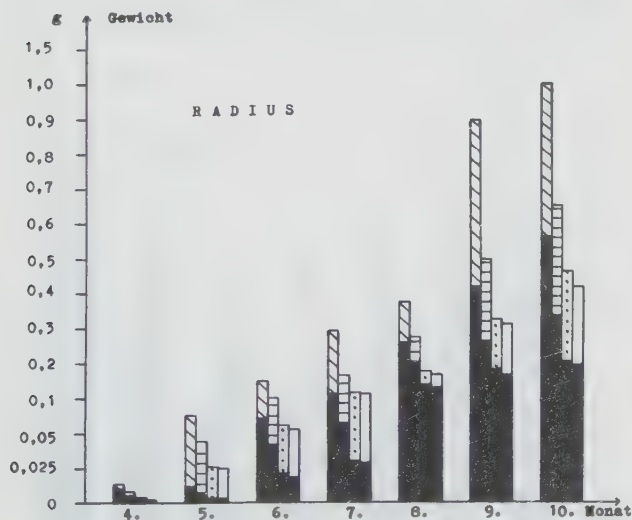
Wie ist diese Altersabhängigkeit zu erklären? Aus der Embryologie ist bekannt, daß die Knochen jüngerer Feten lockerer strukturiert und vor allem wasserreicher sind als die älterer Früchte. Sie sind wesentlich ärmer an anorganischen Salzen, der Substanz also, die nach vollständigem Ausglühen noch übrigbleibt. Aus diesem Grunde verlieren sie mehr an Gewicht und Größe.

In diesem Zusammenhang möchte ich auf die Aussage von BUNSEN (2) eingehen, es bestehe keine Beziehung zum Alter und Entwicklungszustand des Feten. Die vorliegenden Untersuchungen hingegen zeigen deutlich eine solche Abhängigkeit. Dieser Unterschied der Beobachtungen wird verständlich, wenn man bedenkt, daß BUNSEN (2) lediglich Knochen von Feten aus dem 8.-10. Schwangerschaftsmonat und von Neugeborenen untersuchte. Für diesen Entwicklungsbereich ergibt sich auch in der vorliegenden Untersuchungsreihe kein Anhaltspunkt für eine Altersabhängigkeit. Es ist aber nicht ohne weiteres berechtigt, von Ergebnissen dieser Fetalperiode auf gleichgelagerte Verhältnisse in der gesamten Entwicklungszeit zu schließen.

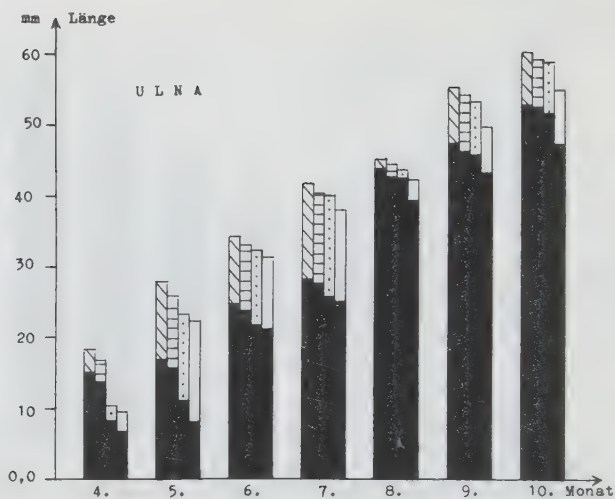
Aus dem gleichen Grunde kann man nur die vorliegenden Ergebnisse aus dem 8.-10. Monat mit denen von BUNSEN (2) und MULLER (5) vergleichen. BUNSEN (2) beobachtete Größenverluste, die 2-8% der Ausgangslänge entsprachen.



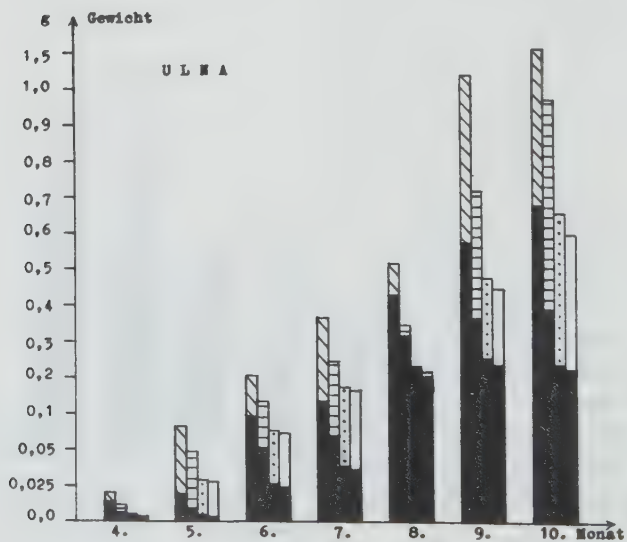
Graphik 17 : Radius. Länge in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



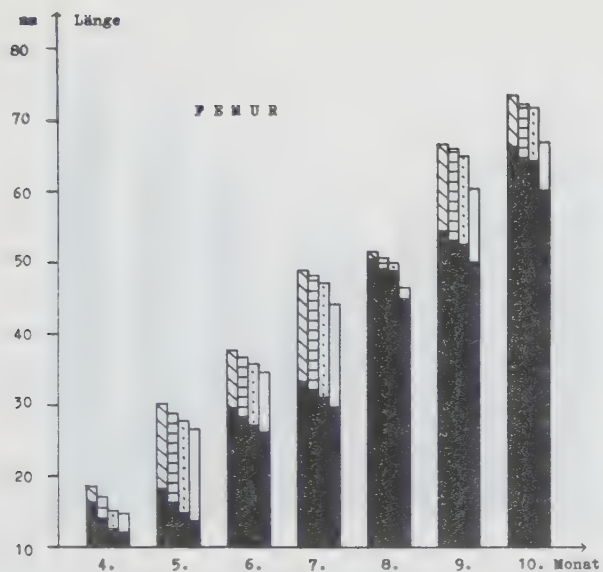
Graphik 18 : Radius. Gewicht in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



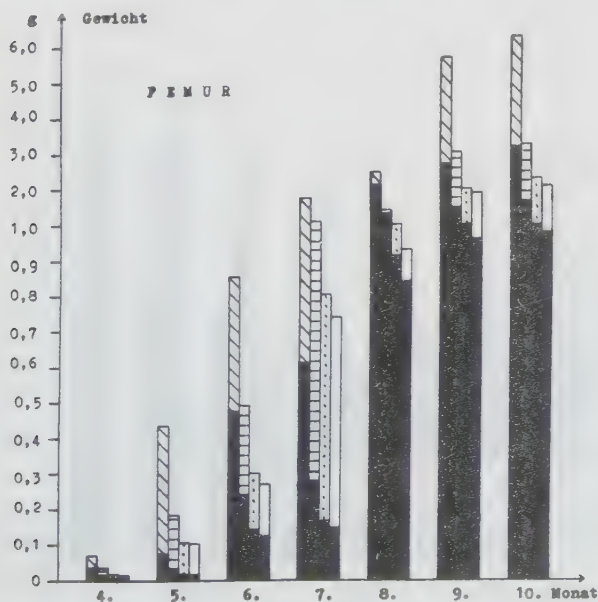
Graphik 19 : Ulna. Länge in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



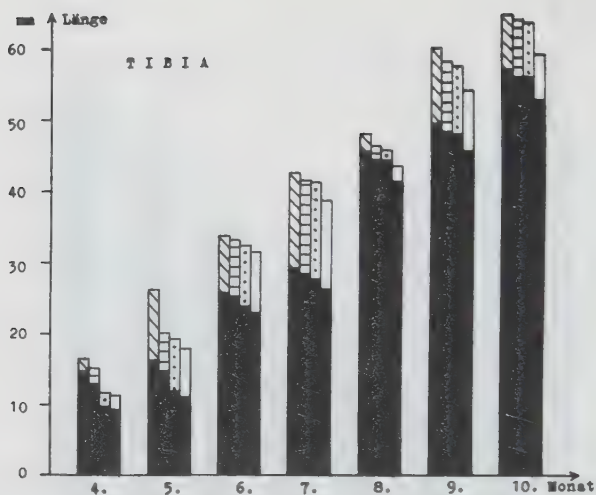
Graphik 20 : Ulna. Gewicht in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



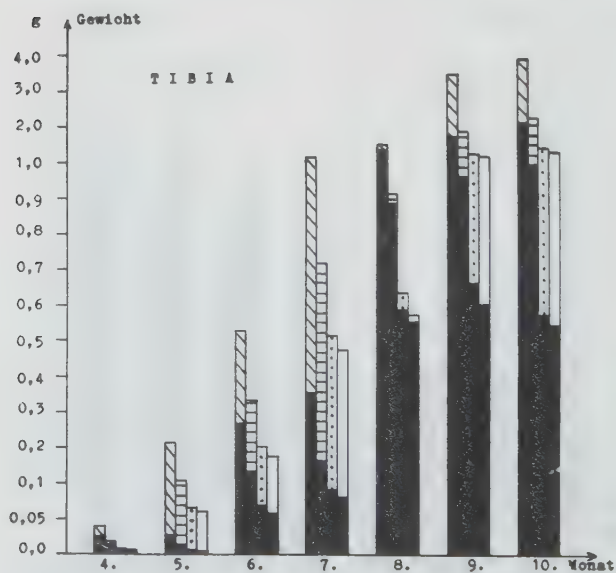
Graphik 21 : Femur. Länge in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



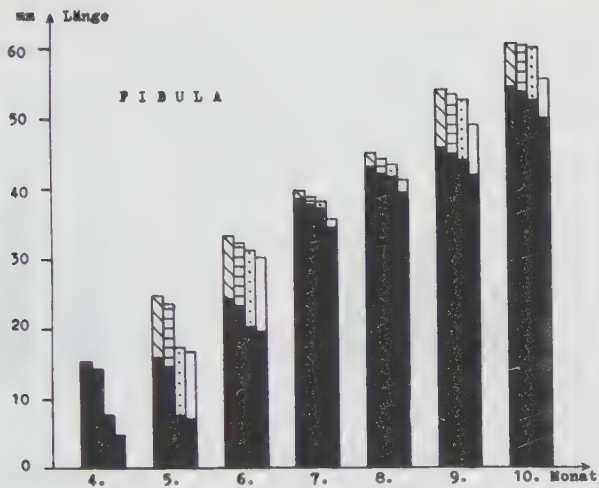
Graphik 22 : Femur. Gewicht in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



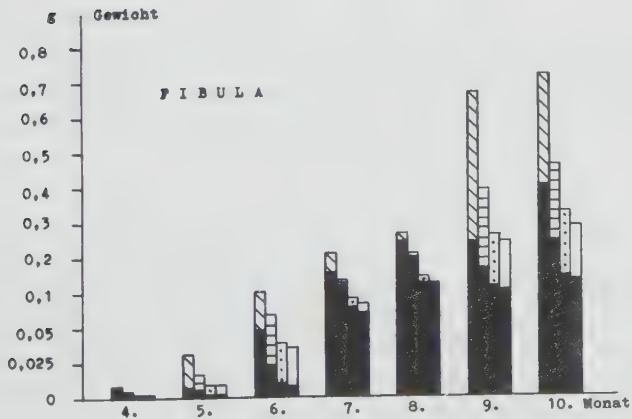
Graphik 23 : Tibia, Länge in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



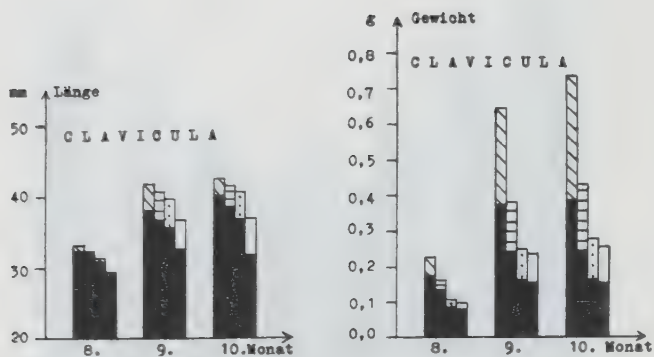
Graphik 24 : Tibia, Gewicht in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



Graphik 25 : Fibula. Länge in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



Graphik 26 : Fibula. Gewicht in Abhängigkeit vom Alter des Feten.



Graphik 27 : Clavicula. Länge bzw. Gewicht in Abhängigkeit vom Alter des Feten.

Da in diesen Fällen das Material nicht vollständig ausgeglüht wurde, können zum Vergleich nur die Werte herangezogen werden, die durch Verkohlen der Knochen erzielt wurden. Es zeigen sich im allgemeinen niedrigere Werte. Das Minimum von 2% wurde zwar im 8. Monat kaum einmal unterschritten, im 10. Monat dagegen sehr häufig. Die 8%-Grenze wurde in keinem Fall erreicht. Aus dieser Tatsache ist ersichtlich, wie schwierig verkohlte Knochen zu beurteilen sind. Ihre Verluste können alle Größen zwischen den Trocknungs- und Calcinierungswerten erlangen, je nach dem Grad der Verbrennung. Die oben aufgeführten Differenzen sind vermutlich nur auf eine unterschiedlich starke Verkohlung zurückzuführen.

MULLER (5) fand nach Calcination einen mittleren Größenverlust von 10%, ebenfalls nur für den 8.-10. Monat. Wenn auch im vorliegenden Material gelegentlich Werte von 10% erreicht werden, so liegt der Durchschnitt doch eindeutig darunter, meist um 8-9%. Erst für den 7. und 6. Monat gilt das Ergebnis von MULLER (5).

Auch der Gewichtsverlust, der von MULLER (5) mit $5/12 - 1/2$ angegeben wird - wobei er ausdrücklich darauf hinweist, daß letzteres sehr selten sei - deckt sich nicht mit den vorliegenden Beobachtungen. Die Gewichtsreduktion betrug nach vollständiger Calcination in sämtlichen Fällen ohne Ausnahme wenigstens 50%, lag in der Regel jedoch deutlich darüber.

OLIVIER und PINEAU (6) machten die Angabe, daß Röhrenknochen um 2% ihrer Ausgangslänge nach Lufttrocknung schrumpfen. Sie stimmt in etwa mit unseren Werten für den 8.-10. Monat überein, wird lediglich von der Clavicula überschritten, von allen anderen Knochen im 4.-7. Monat.

5. Beziehungen zu frischen Knochen

Die erwähnten Prozentzahlen zeigen tatsächlich eine merkliche Verkürzung und Gewichtsabnahme an. Es ist daher interessant zu untersuchen, ob durch Trocknung, Verkohlung und Calcinierung der Knochen Meßwerte entstehen, die den Daten von frischen Knochen jüngerer Entwicklungsstufen entsprechen. Mit anderen Worten, ist die Schrumpfung so erheblich, daß bei Beurteilung des Entwicklungsgrades aus aufgefundenen Skeletteilen grobe Fehler im Sinne der Annahme einer geringeren Reife entstehen können.

Am besten gewinnt man einen Überblick aus den graphischen Darstellungen 15 - 27. Unabhängig vom Alter des Feten zeigt sich im gesamten untersuchten Bereich das gleiche Bild. Bei einem Teil der Knochen ist die Längenab-

nahme nach Trocknung so gering, daß sie die Maße der kleineren Knochen, die zum gleichen Entwicklungsmonat zählen, nicht unterschreiten, häufig sogar über ihnen bleiben. Ein anderer Teil der getrockneten Knochen erreicht dieselbe Länge wie frische Knochen von Feten, die um einen Monat jünger sind. In einigen Fällen aber entsprechen getrocknete Knochen frischen aus einem späteren Schwangerschaftsmonat. Das Untersuchungsmaterial bietet dazu eine Reihe Beispiele. Überschneidungen zeigen sich zwischen dem 9. und 10. Monat bei Clavicula, Humerus, Radius, Ulna und Tibia; zwischen dem 6. und 7. Monat bei Humerus, Radius, Ulna, Femur und Tibia; und zwischen dem 5. und 6. Monat bei der Ulna. Es ergeben sich also Überschneidungen nach oben und unten. Die Tragzeit kann um einen Monat verkürzt erscheinen, sie kann aber auch für länger gehalten werden, als dies tatsächlich der Fall ist.

Durch Calcination wird der Größenverlust noch verstärkt, und das Bild verschiebt sich demgemäß. Mit Ausnahme des 8. Monats - für den aber nur wenig Material zur Verfügung stand - entsprechen sich häufig größere calcinierte und kleinere frische Knochen eines Monats. Gleiche Werte mit frischen Knochen des nächstjüngeren Monats treten ebenfalls auf. Daneben können sie sogar so stark abnehmen, daß sie dieselbe Größe erreichen wie frische Knochen von Feten, die um 2 Monate jünger sind. Bei dem vorliegenden Material haben calcinierte Humeri, Radii, Ulnae, Femures und Tibiae aus dem 7. und frische aus dem 5. Monat gleiche Maße. Eine Überschneidung mit den Werten von frischen Knochen älterer Feten tritt nur noch zwischen dem 6. und 7. Monat auf. Im Vergleich mit den getrockneten Knochen kann die Tragzeit nach Calcination also noch weiter unterschätzt werden, wenn man die Verkürzung nicht berücksichtigt.

Da durch Verkohlen alle Stadien zwischen dem getrockneten und calcinierten Zustand erreicht werden können - je nach der Dauer, die die Knochen dem Feuer ausgesetzt sind -, liegen die Größenverluste zwischen denen für getrocknete und calcinierte Knochen. Die Maße, die durch Verkohlen erzielt werden, sind also für einen Knochen variabel und lassen sich durch stärkeres Verbrennen ändern, während die Werte für getrocknete und calcinierte Knochen auch bei weiterem Trocknen und Glühen konstant bleiben.

Die gleichen Untersuchungen wie für die Länge lassen sich auch für die Gewichte anstellen. Eindeutig gelangen die Gewichte schon durch den Trocknungsprozeß in den Gewichtsbereich frischer Knochen aus jüngeren Monaten. Das Maximum bildet die Überschneidung mit Werten, die von um 3 Monate jüngeren Feten stammen. Beispiele dazu liefern Humerus, Femur und Tibia

aus dem 10. und 7. Monat. Häufiger sind gleiche Werte bei nur einem Altersunterschied von 2 (Ausnahmen bilden alle Knochen aus dem 8. und 6., dem 6. und 4. und die Fibulae aus dem 7. und 5. Monat) oder gar nur einem Monat (Ausnahme: Fibulae aus dem 7. und 6. Monat). Da das Gewicht stärker abnimmt als die Größe, sind gleiche Werte für getrocknete und frische Knochen eines Monats nicht so regelmäßig vorhanden; im 8. Monat beispielsweise nur beim Radius oder im 9. Monat nicht beim Humerus, im 7. nicht bei der Fibula. Eine Überschneidung mit den Frischgewichten älterer Feten ist nur in einem Ausnahmefall, und zwar bei der Ulna im 9. und 10. Monat, aufgetreten.

Wie bei der Länge verschiebt sich das Ergebnis nur wenig durch die Calcination. Gleiche Gewichte von calcinierten und frischen Knochen kommen innerhalb eines Monats nur noch seltener vor. Im 9. Monat reicht das höchste Gewicht für eine calcinierte Fibula mit 0,245 g ganz knapp an das niedrigste einer frischen von 0,247 g heran. Eindeutiger liegen die Verhältnisse im 7. Monat - Ausnahmen sind Humerus und Fibula - und vor allen Dingen im 5. Monat. Letzteres ist verständlich, da der 5. Monat Feten von 17-25 cm Gesamtlänge umfaßt, die natürlich auch erhebliche Unterschiede in ihren Gewichten aufweisen, so daß selbst nach Calcination die größeren und schwereren Knochen die niedrigeren Gewichte der kleineren nicht erreichen.

Bei der Untersuchung, inwieweit calcinierte Knochen und frische jüngerer Feten gleiches Gewicht haben, zeigte sich als Maximum wiederum ein Altersunterschied von 3 Monaten (calcinierte Knochen aus dem 10. Monat = frischen aus dem 7. Monat), während ein bis zwei Monate als die Regel anzusehen sind.

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß bei der Beurteilung getrockneter, verkohlter und calcinierter Knochen die Abnahme von Größe und Gewicht berücksichtigt werden müssen. Anhand der Länge getrockneter Knochen können sonst die Tragzeit u. U. um einen, bei calcinierten Knochen um 1-2 Monate, bei Hinzunahme der Gewichte sogar um 3 Monate unterschätzt werden.

C. Bedeutung für die gerichtsmedizinische Praxis

Nicht nur für wissenschaftliche theoretische Probleme, sondern vor allem für die gerichtsmedizinische Praxis gewinnt die Frage, inwieweit eine Altersbestimmung der Feten aus verwitterten und verbrannten Knochen möglich ist, Bedeutung. Bei Abtreibungsfällen und Kindestötungen wird der Gerichtsmediziner immer wieder vor die Aufgabe gestellt, Aussagen über Alter und Lebensfähigkeit der Frucht zu machen. Die Verhältnisse können noch relativ gut übersehen werden, wenn der Fet bald nach der Geburt zur Untersuchung gelangt. Schwieriger schon gestaltet sich die Aufgabe, wenn die Leiche erst nach Wochen oder Monaten aufgefunden wird und durch Tierfraß und Ausdörrung Gestaltsänderungen erfahren hat. Häufig werden auch zur Verschleierung des kriminellen Tatbestandes von den Ausführenden selbst eine Zerstückelung oder Verbrennung der Frucht vorgenommen. Mitunter werden dann nur einzelne Extremitäten oder nach Verbrennung gar nur ein einzelner gut erhaltener Knochen entdeckt. Anhand solcher Leichenteile, die zweifellos unter der Einwirkung von Wärme und Feuer Veränderungen erlitten haben, muß eine Altersbestimmung versucht werden.

Wie aus den Graphiken 15 - 27 erkenntlich wird, kann es durch Schrumpfung zu Überschneidungen der Meßwerte zweier Fetalmonate kommen. Daraus ergibt sich, daß unter solchen Umständen die Zuordnung zu einem bestimmten Entwicklungsmonat mit Hilfe eines Einzelknochens nur unter Vorbehalt möglich ist.

Günstiger ist die Frage nach der Einordnung eines einzelnen Knochens in einen bestimmten Entwicklungsbereich (Trimenon) zu beurteilen. Eine solche ist vor allem dann möglich, wenn es sich nicht wieder um Grenzfälle handelt.

Da die Längenverhältnisse so ungünstige Bedingungen bieten, erhebt sich die Frage, inwieweit sich das Ergebnis durch die Gewichte präzisieren läßt. Es wurde bereits erwähnt, daß die Gewichte, die zu bestimmten Knochenlängen gehören, u. U. außerordentlich stark variieren. So zeigt beispielsweise die Tabelle 1 zwei calcinierte Humeri gleicher Länge, von 56,73 mm, mit Gewichten von 0,605 g und 1,010 g. Einige weitere Beispiele mögen die Häufigkeit dieser Variationen veranschaulichen.

Femur:	getrocknet	28,38 mm Länge;	0,081 g Gewicht
	getrocknet	28,45 mm Länge;	0,128 g Gewicht
Fibula:	calciniert	51,75 mm Länge;	0,194 g Gewicht
	calciniert	51,73 mm Länge;	0,279 g Gewicht

Fibula: getrocknet 22,45 mm Länge; 0,014 g Gewicht
 getrocknet 17,80 mm Länge; 0,014 g Gewicht

Nebenbei sei darauf hingewiesen, daß sogar erhebliche Gewichts-differenzen zwischen homologen Knochen eines Feten vorkommen können. So zeigt die rechte Tibia eines 47 cm langen Feten ein Gewicht von 1,625 g nach dem Trocknen und von 0,989 g nach der Calcination, die linke dagegen 2,300 g bzw. 1,364 g.

Das Fehlen einer konstanten Relation von Größe und Gewicht bedeutet, daß hieraus im allgemeinen keine Gesichtspunkte für die Beurteilung gewonnen werden können. Nur in Einzelfällen kann es Bedeutung erlangen. Dazu seien einige Beispiele angeführt.

1. Beispiel (Tab.1): Humerus eines 50 cm langen Feten.
 getrocknet 58,08 mm Länge = 9. oder 10. Monat ?
 getrocknet 1,781 g Gewicht = 10. Monat.
2. Beispiel (Tab.4): Femur eines 27 cm langen Feten.
 getrocknet 28,50 mm, calciniert 26,45 mm = 5. oder 6. Monat ?
 getrocknet 0,240 g, calciniert 0,124 g = 6. Monat.
3. Beispiel (Tab.7): Clavicula eines 47 cm langen Feten.
 getrocknet 38,48 mm, calciniert 31,85 mm = 9. oder 10. Monat ?
 getrocknet 0,430 g, calciniert 0,258 g = 10. Monat.

Noch ein letztes Beispiel mag zeigen, daß das Gewicht nur selten eine Klärung bringt. Die Länge der Clavicula entspricht in etwa der aus dem vorigen Beispiel; das Gewicht ist aber niedriger, so daß es keine bessere Beurteilung ermöglicht. Man könnte sogar geneigt sein, den Knochen eher dem 9. als dem 10. Monat zuzuordnen, wenn die Gesamtkörperlänge von 46 cm nicht bekannt wäre. Auf der anderen Seite ist die Clavicula aber - besonders nach der Calcination - bedeutend größer als eine Clavicula aus dem 9. Monat, die fast das gleiche Gewicht besitzt.

4. Beispiel (Tab.7): Clavicula eines 46 cm langen Feten.
 getrocknet 38,83 mm Länge = 9. oder 10. Monat ?
 getrocknet 0,245 g Gewicht = 9. oder 10. Monat ?

Da selbst die Hinzunahme des Gewichtes die sichere Altersbestimmung eines Feten anhand eines einzigen Knochens nur in Ausnahmefällen erleichtert, erhebt sich die Frage, ob dann, wenn von einem Feten mehrere Knochen zur Verfügung stehen, bessere Ausgangsmöglichkeiten gegeben sind. Auch hier ergibt sich aus dem Material kein eindeutiges Bild. Im Falle des bereits frü-

her erwähnten 50 cm langen Feten lassen sich Humerus, Radius, Ulna, Femur und Tibia in getrocknetem Zustand sowohl in den 9. als auch in den 10. Monat einordnen. Lediglich die Fibula spricht ausschließlich für den 10. Monat. Günstiger ist die Lage nach der Calcinierung. Dann fallen neben der Fibula noch Femur und Ulna eindeutig in den Bereich des 10. Monats. Die Gewichte sprechen - außer bei der Tibia - immer für den 10. Monat.

Komplizierter liegen die Verhältnisse bei einem 46 cm langen Feten (in Tab. 4, 6, 7 die letzte, in Tab. 1, 2, 3, 5 die beiden letzten unter 46 cm angeführten Zeilen).

a) Länge getrocknet		Gewicht
Clavicula, Humerus, Femur	= 9. oder 10. Mon. ?	} 9. oder 10. Monat ?
ein Radius, eine Ulna	= 9. oder 10. Mon. ?	
ein Radius, eine Ulna	= 10. Monat	
Fibula, Tibia	= 10. Monat	

b) Länge calciniert		Gewicht
Clavicula, Humerus	= 9. oder 10. Mon. ?	} 9. oder 10. Monat ?
Femur	= 10. Monat	
beide Radii und Ulnae	= 10. Monat	
Fibula, Tibia	= 10. Monat	

Aus diesen Beispielen geht hervor, daß die Knochen des Skelettsystems im Verhältnis zueinander oft recht unterschiedlich groß sind, so daß einzelne von ihnen in das Grenzgebiet zweier Entwicklungsmonate fallen können. Das ist sogar bei homologen Knochen möglich, wie das vorige Beispiel an Radius und Ulna zeigt. Mitunter können in einem Fall die größer entwickelten der Körperlänge gemäß sein, in einem anderen Fall die kleineren.

Wie aus den Untersuchungen hervorgeht, ist eine Altersbestimmung nur bis zu einem gewissen Grade möglich. Die Schrumpfung, die vom Grad der Trocknung und Verbrennung abhängig ist, muß dabei unbedingt berücksichtigt werden. Darum wurden in den Tabellen alle Werte, die für die 7 untersuchten Knochentypen gefunden wurden, zusammengefaßt; sie erlauben eine Orientierung. Es sei hier darauf hingewiesen, daß konstante Maße nur bei vollständig ausgetrockneten oder calcinierten Knochen zu erhalten sind. Angetrocknetes, oder verkohltes Material sollte man in diese Zustandsformen überführen, da man nur für sie den Grad und die Art des Substanzverlustes kennt. Andernfalls sind vor allen Dingen die Ergebnisse einer Wägung nicht zu verwerten.

III. ZUSAMMENFASSUNG

- 1) Fetale Röhrenknochen erfahren durch Hitzeeinwirkung und Verbrennung mit jedem Substanzverlust eine weitere Verkürzung. Eine proportionale Beziehung zwischen Längen- und Gewichtsabnahme besteht dabei nicht.
- 2) Der Grad des Gewichtsverlustes ist zum Teil abhängig vom Knochentyp. Humerus, Femur und Tibia zeigen besonders im letzten Trimenon stärkere Verminderungen ihres Gewichtes als Clavicula, Radius, Ulna und Fibula. Für die Längenabnahme besteht eine solche Beziehung nicht.
- 3) Der Grad der Schrumpfung und Gewichtsabnahme ist abhängig von Größe und Entwicklungszustand des Feten. Vom 4. bis zum 7. Monat werden mit zunehmendem Alter die Verluste geringer; vom 8. bis zum 10. Monat bewegen sie sich in gleichen Bereichen.
- 4) Durch Trocknen und Verbrennen können fetale Röhrenknochen Maße und Gewichte erreichen, die den Daten frischer Knochen aus jüngeren Entwicklungsmonaten entsprechen. Nach dem Trocknen wurde für die Länge ein Altersunterschied von höchstens einem Monat beobachtet, der sich nach Calcination auf 1-2 Monate vergrößerte. Für die Gewichte betrug er in beiden Fällen maximal 3 Monate.
- 5) Die Altersbestimmung eines Feten oder seine Zuordnung zu einem bestimmten Entwicklungsbereich mit Hilfe der Länge eines einzelnen getrockneten oder calcinierten Röhrenknochens ist nur möglich, wenn es sich nicht um Grenzwerte handelt. Eine Hinzunahme des Gewichtes oder weiterer Knochen vermag in Einzelfällen die Einstufung zu erleichtern.

LITERATURVERZEICHNIS

- 1) Bose, A. Persönliche Mitteilung
- 2) Bunsen, A. Untersuchungen zur Altersbestimmung an Knochen verbrannter Neugeborener und Frühgeburten, med. Inaugural-Diss. Marburg 1937
- 3) Dettling, J. Lehrbuch der gerichtlichen Medizin,
Schönberg, S. Basel 1951, S. 238
Schwarz, F.
- 4) Haase Bericht pro 1875, Charité - Ann. 2, 686 f. (1877)
- 5) Muller, M. Au sujet des déformations et modifications des os au cours de la calcination et de leurs conséquences médico-légales, Ann. méd. lég. 1-2, 298-308 (1921)
Muller, M. La calcination du fœtus en médecine légale, Verhandlungsbericht, I. internationaler Kongreß für gerichtliche und soziale Medizin, Bonn 1938, S. 483-489
- 6) Olivier, G. Nouvelle détermination de la taille foetale d'après les
Pineau, H. longueurs diaphysaires des os longs, Ann. méd. lég. 40, 141-144 (1960)
- 7) Paul, G. Der Gerichtsarzt, Wien/Leipzig 1920, S. 48
- 8) Pensold, A. Gibt es eine Skelett-"Schrumpfung" durch Hitzeeinwirkung? Dtsch. med. Wschr. 51, 2501 (1961)
- 9) Prokop, O. Lehrbuch der gerichtlichen Medizin,
Berlin 1960, S. 118
- 10) Schrader, G. Untersuchungen zur Altersbestimmung an Knochen verbrannter Neugeborener und Frühgeburten, Dtsch. Zschr. gerichtl. Med. 29, 152-158 (1938)
- 11) Sein, A. S. Gerichtliche Leichenuntersuchungen nach der Einäscherung, Sem. méd. (Arg.) I, 1075 (1939), zit. nach Prokop, O., Lehrbuch der gerichtlichen Medizin, Berlin 1960, S. 118 und 584

Die Abkürzungen erfolgten nach den Periodica Medica, Stuttgart 1952.

LEBENS LAUF

Am 28.12.1938 wurde ich, Ilse Maria Köhler, als Tochter des Pfarrers Herbert Köhlter und seiner Ehefrau Charlotte, geb. Nauhardt, in Wuppertal-Ronsdorf geboren. Nach dem Besuch der Volksschule in Oberbieber/Neuwied wurde ich im Herbst 1948 in das Städt. Neusprachliche Gymnasium für Mädchen in Neuwied aufgenommen, an dem ich im März 1957 die Reifeprüfung ablegte. Im Sommersemester 1957 nahm ich das Medizinstudium an der Universität Tübingen auf, an der ich im Oktober 1959 die ärztliche Vorprüfung bestand. Ein weiteres klinisches Semester studierte ich in Tübingen, wechselte dann für je ein Semester nach Wien und an die Medizinische Akademie in Düsseldorf. Seit dem Sommersemester 1961 besuchte ich die Johannes Gutenberg-Universität in Mainz, an der ich am 22. Juli 1963 mein Studium mit der ärztlichen Prüfung abschloß.

